

Diseño de instalaciones provisionales modulares para la construcción



Abstract

The following work consist to design modular warehouses for temporary construction and procedures for planning and carrying out of temporary facilities generally requires that any work (access, fencing, toilets, canteens, signage, etc.). The project comes at the high growth of construction in our country and the need to save time, space and money to build temporary facilities such as warehouses, because we know that many of the buildings used wood which is discarded and can not reuse impossible because of inclement weather like that its structural properties are lost almost in its entirety, also this wood is of low quality and not treated. The proposal consists of modular manufactured warehouses in structural steel, where some of their parts are welded and screwed in order to install and uninstall them on a fast, secure and efficient, plus they are easy to transport to another construction. Further analyses the logistics to be taken at the beginning of every construction project to install its temporary facilities and the different types that are carried out.

Keywords: Warehouse, Steel, Modular, Provisional.

Resumen

El siguiente trabajo propone un diseño de instalaciones provisionales modulares para la construcción, en los procedimientos para la planeación y ejecución de las instalaciones provisionales generales que requiere cualquier obra (accesos, cercamiento, servicios higiénicos, comedores, señalización, entre otros). El proyecto surge debido al gran crecimiento de la construcción en nuestro país por la necesidad de ahorrar tiempo, espacio y dinero en la construcción de instalaciones provisionales por ejemplo bodegas. Muchas de las construcciones utilizan madera la cual es desechada y no puede volverse a utilizar, ya que las inclemencias del tiempo hace que sus propiedades estructurales se pierdan casi en su totalidad, además de que la madera utilizada para tales fines es para formaleta y no es curada.

La propuesta realizada consiste en bodegas modulares fabricadas en acero estructural, donde parte de sus piezas son soldadas y otras atornilladas con el fin de poder instalar y desinstalar las mismas de una manera rápida, segura y eficiente, y que sean fáciles de transportar hacia otra obra. Asimismo se analiza la logística que se debe tener al inicio de todo proyecto de construcción para sus instalaciones provisionales y los diferentes tipos que se llevan a cabo.

Palabras clave: Bodega, Acero, Modular, Provisional.

Diseño de instalaciones provisionales modulares para la construcción



LUIS CARLOS OBANDO MURILLO

Proyecto final de graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Julio del 2008

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

PREFACIO	1
RESUMEN EJECUTIVO	2
INTRODUCCIÓN	3
METODOLOGÍA	4
MARCO TEÓRICO	5
RESULTADOS	20
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	36
CONCLUSIONES	38
RECOMENDACIONES	39
APÉNDICES	40
ANEXOS	41
REFERENCIAS	42

Prefacio

El siguiente trabajo es de gran importancia para todo el sector de la construcción en Costa Rica, pues consiste en el diseño de instalaciones provisionales modulares para la construcción, las cuales facilitan la implementación de las mismas al ser modulares y economiza tiempo a la hora de su ejecución en la obra ya que, su diseño, está basado en calidad, tiempo, seguridad, bajo costo y funcionalidad, para un armado y desarmado rápido, además de eso, se toma en cuenta toda la logística que se debe tener a la hora de implementar las instalaciones provisionales, en general se deben realizar durante toda la construcción del proyecto.

Como objetivo básico y principal está el realizar un diseño de bodegas provisionales modulares para la construcción incluyendo además, los procesos de planeación y ejecución de todas las instalaciones provisionales que se deban realizar en la obra.

La bodega diseñada consiste en paneles prefabricados, los cuales son fabricados con una estructura en tubo de hierro negro de 50x50x1,8mm debidamente pintado para evitar la corrosión, estos paneles llevarán una placa de acero de 150x150x3,17mm soldada a ambos lados del panel en la parte superior, con el fin de poder anclarlos a un bloque de concreto prefabricado de 15x30x20cm, el cual posee cuatro anclajes diseñados para soportar la estructura y poder asentar de una manera firme cada panel. La unión entre el panel y el bloque de concreto se hará mediante pernos los cuales se atornillarán a cada panel. Al importante de mencionar es que la unión de cada panel también se hará mediante tornillos, colocados a una separación de 61cm para evitar la apertura entre paneles. El forro de cada panel se hará con lámina para exteriores “densglass” y con acabado de mortero especial para darle un vida útil de aproximadamente 10años.

Para el armado de la bodega provisional, se diseñaron paneles en varias dimensiones, con el fin de hacer la estructura más funcional, estos son:

- Panel básico de 1,22x2,44m.
- Panel 1,22x2,44, el cual lleva una ventana de 0,61x1,22m.
- Panel de 1,22x1,22m con lámina de acero expandido que servirá como piso.
- Panel de 0,305x1,22 el cual servirá como tapichel para colocar clavadores y cubierta.

Cabe indicar que la estructura del techo es con clavadores a base de tubo de hierro negro de igual dimensión que los paneles, y la cubierta a utilizar es lámina rectangular galvanizada calibre 28.

Finalmente es primordial destacar que las bodegas provisionales deben tener un ancho máximo de 3,66m, es decir, tres paneles unidos, debido a que lo que rige principalmente en este caso son los clavadores, pues a una longitud mayor tenderían a pandearse, sin embargo la en cuenta al largo de la bodega podrá ser variable, ajustándose a lo que se requiera.

Resumen ejecutivo

Uno de los problemas que se presentan, actualmente, en la construcción de proyectos en empresas de tamaño bajo y medio, es una mala planificación de las instalaciones provisionales que se deben realizar en el sitio de la construcción. Por ello, el documento muestra una serie de pautas por considerar para el buen planeamiento de las instalaciones provisionales y aprovechar al máximo el espacio que se tiene dentro del lugar.

Dentro de las consideraciones que se debe tener presentes están la localización de lugar para conocer los servicios básicos que se puedan aprovechar como agua, luz, teléfono, entre otros, además, se deberá conocer la topografía del terreno, el tamaño de la obra, el sistema constructivo, el clima de la zona, la duración estimada del proyecto, el volumen de materiales, de equipo y el personal que labora en el proyecto.

También, es importante conocer el tipo de instalación que se debe construir en el proyecto, dependiendo tanto del tamaño de la obra como de la cantidad de obreros. Entre el tipo de instalaciones están: accesos tanto para el personal como para maquinaria, cercamiento de la obra para evitar molestias a terceras personas, instalaciones eléctricas que son muy importantes para el uso de múltiples herramientas, servicios higiénicos como son: el uso servicios sanitarios o cabañas de alquiler, abastecimiento de agua potable, comedores para los trabajadores, lugares de descanso y servicios para primeros auxilios y finalmente, señalización para realizar tareas en la construcción y de advertencia para evitar algún tipo de accidente.

En cuanto a la construcción de bodegas provisionales para la construcción, se diseñaron según el código AISC, tomando en cuenta también el Código Sísmico de Costa Rica 2002 y el Reglamento de Construcciones.

Para el diseño de las bodegas se utilizarán paneles de 1,22x2,44 con tubo estructural de 50x50x1,8mm, unidas las piezas del panel con soldadura 6013 en 3/32" en todo su

perímetro y acabados con pintura anticorrosiva. Además, se incluyen paneles de 0,30x2,44 para buques de puerta y de 0,30x1,22 que sirven para formar tapicheles y colocar estructura de techo. La unión entre paneles se hará mediante 3 tornillos hexagonales de 6,35mm de diámetro (1/4") distanciados a cada 61cm y fijados mediante tuercas con arandela. Cada panel tendrá en medio tubo estructural de 50x25x1,58 para colocar el forro.

El forro de cada panel se hará lámina de gypsum "Densglass" y acabado con mortero Tecni Wall, el cual garantiza una vida útil de 10 años.

Cada panel tendrá en su base una placa de 150x150x1,58mm para ser fijados a un bloque de concreto que se colocará en el terreno de 30x15x20 el cual se hará con concreto de $f'c = 175\text{kg/cm}^2$ y tendrá cuatro varillas roscadas para colocar el panel encima del mismo y fijarlo con tuercas.

La cubierta de techo se hará con lámina rectangular fabricada por la empresa Metalco, la cual brinda gran resistencia y durabilidad.

Algunos paneles serán especiales pues contienen ventanas de vidrio de 61x122 la cuales serán con marco de aluminio fácilmente desarmables para su transporte.

El piso será fabricado con paneles de 1,22x1,22m con tubo industrial de 50x25x1,2mm y lámina de acero expandido "Jordomex" para el tránsito de personas y colocación de objetos.

El diseño de estas bodegas es importante pues puede generar a las empresas constructoras mayor rapidez a la hora de implementar este tipo de instalaciones, ya que se hicieron de tal manera que fueran fáciles de armar y desarmar, no dejando de lado la calidad del material y acabados por utilizar.

Introducción

Hoy en día, la demanda de proyectos en construcción ha venido creciendo de una forma muy rápida en el país, por lo que las empresas constructoras deben asegurarse de que la construcción instalaciones provisionales, como es el caso de bodegas, se hagan de la manera más económica, de buena calidad, al minimizar impacto al medio ambiente, que se construyan de manera rápida y que sean seguras y cómodas para los usuarios. En la actualidad, muchas de estas bodegas son construidas con madera, lo que implica un gran costo para la empresa constructora, ya que se gasta mucho dinero en su construcción, y una vez finalizado el proyecto, muchas de ellas son desechas y casi todos sus materiales quedan deteriorados. Lo que se pretende con este proyecto es analizar el costo y diseño de una bodega modular, la cual debido a esa característica de modular permitirá la construcción de múltiple bodegas en varias dimensiones, que se ajusten al tamaño del proyecto y además, que sean fabricadas en acero, reutilizables y que puedan armarse y desarmarse de una manera rápida.

Actualmente, la planificación y ejecución de las instalaciones provisionales es de gran importancia, pues, es con ellas que se da inicio al proyecto de construcción y depende que la obra inicie lo mejor organizada posible, por ello se analizará todo en cuanto a los procedimientos para la planeación y realización de las instalaciones provisionales.

La realización de una obra de construcción, siempre trae consigo una serie de riesgos que serán necesarios definir, analizar y evaluar, con el fin de evitar que ocurran en un accidente. Por este motivo, debemos considerar todas aquellas actividades que se vayan a dar en la obra como es el caso de las instalaciones provisionales en general, de las cuales se enfocarán de una mayor manera las bodegas modulares fabricadas en acero, además de conocer los procesos para su

planeación e implementación antes de dar inicio a la obra.

El objetivo principal del proyecto es realizar una propuesta para el diseño de bodegas modulares provisionales para la construcción y determinar los procedimientos para el planeamiento y ejecución de las instalaciones provisionales. Como objetivos secundarios están el realizar el diseño de una bodega modular que, posteriormente se pueda hacer en varias dimensiones de acuerdo con el tamaño de la obra; estimar de acuerdo a las calidades de los materiales una vida útil a cada módulo de la bodega; determinar cuidados mínimos para asegurar su durabilidad; además de presupuestar los costos que implica la fabricación de la bodega en acero; luego analizar la factibilidad de la construcción de este tipo de bodegas y finalmente determinar los procedimientos para la planeación de las instalaciones provisionales.

Para el diseño de las instalaciones se requiere utilizar materiales de buena calidad, ya que éstas van a estar expuestas a la intemperie. Además el concepto modular es de gran importancia, pues permite de un diseño básico de bodega realizar múltiples diseños, ajustándolos al tamaño que se requiera dependiendo de su uso y dimensiones del proyecto por construir.

Los alcances que tiene el proyecto son determinar los usos que se le va a dar a la bodega para definir el tamaño de la misma, diseñar una bodega modular base y a partir de ella poder realizar otras en varias dimensiones, plantear un diseño que sea fácil y rápido de armar y desarmar y seleccionar de la mejor manera los materiales por utilizar en el diseño de la bodega.

Entre las limitaciones que presenta el proyecto están en un posible costo inicial alto en el diseño de la bodega provisional debido a los materiales a utilizar y además de la disponibilidad de hablar con los trabajadores de la construcción sobre el tema de las instalaciones provisionales

Metodología

Para el desarrollo de este proyecto se planteó la siguiente metodología:

1. Se visitaron cinco proyectos en construcción ubicados entre Tres Ríos y Escazú para conocer como las empresas constructoras fabrican sus instalaciones provisionales.
2. Una vez recolectada la información mediante consulta a maestros de obras, y tomando en cuenta aspectos relevantes como lo son los materiales, costo y tamaño de las bodegas que tradicionalmente se construyen, se procedió a diseñar una bodega en acero modular.
3. Posterior al diseño de la bodega en acero se procedió a realizar un presupuesto y se comparó con otro realizado para una bodega en madera.
4. Finalmente se hizo la planeación de las instalaciones provisionales en el lugar de la construcción tomando en cuenta una serie de factores como: localización, topografía del terreno, tamaño de la obra, condiciones climáticas, duración de la obra, cantidad de personal y volumen de materiales y equipos.

Marco Teórico

El marco teórico que a continuación se presenta, esta dividido en tres partes, la primera consiste en lo que son las instalaciones provisionales, la segunda parte se refiere a lo que es construcción modular y, finalmente la tercera parte, consiste en los procedimientos para el diseño de la bodega en acero.

Instalaciones provisionales

Definición¹

Las instalaciones provisionales son los trabajos que se deben llevar a cabo para construir y poner en funcionamiento las edificaciones temporales que el constructor necesite para sus oficinas, bodegas y para el alojamiento de los empleados, así como la instalación de servicios provisionales, cercamientos y vallas de seguridad. Estas construcciones deberán asegurar condiciones razonables de comodidad e higiene a los mismos. Toda instalación provisional deberá ser desmontada en el momento en que deje de ser necesaria, para ello se utilizarán materiales particularmente apropiados a estos montajes y desmontajes repetidos. Las edificaciones provisionales deberán ser de ejecución rápida, simples, preferiblemente con materiales livianos, recuperables, que ofrezcan seguridad y

¹Fuente:
<http://www.mitecnologico.com/Main/OficinasBodegasProvisionales>

protección y que se conserven en buen estado mientras dura la obra.

Consideraciones iniciales²

Antes de dar inicio a un proyecto de construcción, lo primero que se debe llevar a cabo es la implementación de unas instalaciones provisionales adecuadas, teniendo en cuenta que para ello se tendrá que realizar un análisis previo sobre las condiciones que rodean a la obra.

Estas condiciones varían notablemente de un proyecto a otro, por lo que se deben tomar en cuenta los siguientes puntos para definir las instalaciones provisionales a utilizar:

- Localización.
- Topografía del terreno.
- Tamaño de la obra.
- Clima
- Plazos.
- Volumen de materiales y equipo.

A continuación se explicará cada una más detallada para su comprensión:

Localización

Es importante conocer la localización del sitio de la construcción, pues es necesario, estar al tanto de todos los servicios básicos disponibles que puede brindar el lugar y cuales se vaya a instalar

²Fuente:
www.ibermutuamur.es/Instalaciones-provisionales.html

en la construcción como lo son la electricidad, agua, teléfono, internet, entre otros, y de una mejor manera construir las instalaciones provisionales.

Topografía del terreno

Algo primordial es conocer los desniveles que existan en el terreno para poder evacuar todas las aguas, ya sean pluviales y sanitarias a un lugar adecuado, además es importante para el abastecimiento del agua potable y finalmente para poder ubicar de una forma segura cada una de las instalaciones provisionales. Por lo tanto, antes de realizar cualquier construcción en el terreno primero se debe realizar una visita para conocer los detalles antes mencionados.

Tamaño de la obra

Dependiendo de la magnitud del proyecto, va a demandar la cantidad de personal por contratar, por lo que a mayor cantidad de trabajadores, más grandes van a ser algunas instalaciones provisionales, por tal razón conviene analizar esta situación antes de implementar estas obras provisionales y construir las más adecuadas dependiendo de los requerimientos que se presenten.

Clima

Se sabe que en Costa Rica se tiene un clima tropical, por lo cual durante todo el año podemos tener días muy soleados y días muy lluviosos, las condiciones del tiempo pueden variar de un minuto a otro, por lo se debe conocer estas condiciones, pues días de mucho sol pueden afectar a los trabajadores y se deben hacer instalaciones provisionales que los puedan proteger del sol, y si es caso contrario, un día de mucha lluvia, se debe brindar un lugar seguro que proteja a los trabajadores de las inclemencias del tiempo.

Plazos

Al conocer el tiempo de duración de un proyecto en construcción, si éste es extenso (más de un año) las instalaciones provisionales deberán ser más seguras y de mayor calidad puesto que están sometidas un mayor tiempo a la intemperie y los materiales con los cuales están fabricadas se pueden dañar, sin embargo, si es un tiempo corto (menos de seis meses) se puede construir con materiales de una calidad menor pero siempre teniendo en cuenta la seguridad.

Volumen de materiales y equipo

Se tienen que construir instalaciones provisionales adecuadas para cierto tipo de materiales como lo son: cemento, arena, piedra, formaleta, accesorios de pvc, herramientas eléctricas, entre otros, pues, se debe tener alejadas del sol para evitar que se dañen y así mantengan su calidad durante todo el proceso constructivo, por lo tanto estas instalaciones deben construirse de la mejor manera posible.

La ubicación de las instalaciones provisionales dependerá de la zona en la que se encuentre la obra, por ello no es lo mismo a que todo el terreno se tenga que construir a que una parte del mismo no se construya y se puedan ubicar ahí las instalaciones.

Con una adecuada información desde los primeros trabajos, se conseguirá que éstos sean rentables y no den lugar a retrasos. Si la principal preocupación es evitar situaciones de riesgo, no se debe empezar ninguno sin esta información previa. Una vez obtenidas las informaciones adecuadas, éstas tendrán que ser estudiadas, analizadas y perfeccionadas para poder aplicarlas a la obra cuando sea necesario.

Tipos de instalaciones provisionales

Definida la acción por seguir para lograr una información adecuada de la obra, habrá que establecer las instalaciones que son necesarias para el desarrollo de actividades, unas como

sistema y apoyo a los trabajos a realizar y otras necesarias para la salud e higiene de los trabajadores. Estas instalaciones son:

- Accesos.
- Cercamiento.
- Instalaciones eléctricas.
- Servicios higiénicos.
- Abastecimiento de agua potable.
- Vestuarios y aseos.
- Comedores
- Locales de descanso o alojamiento.
- Primeros auxilios.
- Señalización.

La ubicación de las instalaciones provisionales dependerá de la zona en la que se encuentre la obra, por ello no es lo mismo a que todo el terreno se tenga que construir a que una parte del mismo no se construya y se puedan ubicar ahí las instalaciones.

Se detallará cada punto anteriormente mencionado para su mejor comprensión.

Accesos

Los accesos son los lugares o zonas de paso de los trabajadores y de maquinaria a las obras de construcción, por lo tanto deberá estar demarcada, ya sea con pintura, cal o cintas el lugar de paso de los vehículos y de las personas. En cuanto al acceso del personal, debe situarse de forma separada al de vehículos.

Para aquellas situaciones en que estén afectados las vías de comunicación y vehículos de terceros y sí tienen que actuar los trabajadores personalmente dirigiendo el flujo vehicular, se procurará principalmente que:

- Estén protegidos con señales previstas.
- Utilicen prendas reflectantes.
- No se sitúen en zonas oscuras en las que no se les vea con facilidad.

Cercamiento

El cercamiento de la obra será una de las primeras actividades por realizar para evitar el paso de personas ajenas a la misma y daños a terceros.

Los materiales utilizados, comúnmente para la formación del cerramiento, van desde maderas, que se hincan en el terreno, hasta mallas metálicas de diferentes formas, lámina galvanizada lisa y ondulada, bloques y ladrillos de obra, serán, entre otros.

Las alturas de los cerramientos, suelen establecerse en función de las reglamentos municipales o dependiendo si existe algún reglamento en la zona de construcción, el Reglamento de Construcciones en el capítulo IV en el artículo IV.1 define que la altura mínima debe ser de 2m, también pueden modularse de acuerdo con el material que se utilice, aunque habrá que considerar también, las actividades por desarrollar en la obra, puesto que pueden existir situaciones, que obliguen a colocar vallados de alturas mayores. Debe tenerse en cuenta que las instalaciones necesarias, cuanto más espacio dispongan mejor se podrán organizar.

No hay que confundir el vallado de cerramiento de la obra, y del vallado de señalización, ya que éste, tiene como misión la de informar y señalar una zona determinada que pueda suponer un riesgo potencial para los trabajadores que circulen por lugares próximos.

Como riesgos más destacables que pueden aparecer durante la colocación del vallado de obra, se pueden mencionar los siguientes:

- Golpes o cortes con paneles, vallas, postes, etc.
- Caídas al mismo nivel por tropezones con partes del cerramiento.
- Sobreesfuerzos por colocar el vallado en posiciones inadecuadas, levantar cargas excesivas.

Ante estos riesgos, se deberán adoptar una serie de medidas preventivas, como pueden ser organizar un plan de orden y limpieza, con formación específica para el personal implicado, se advierte además, sobre la ordenación de la herramienta o útiles de trabajo que en ese momento no se esté utilizando.

Cuando sea necesario levantar, transportar y mantener una carga manualmente, se han de tener en cuenta las siguientes reglas:

- No realizar esfuerzos excesivos, pedir ayuda si la carga es demasiado pesada.

- No llevar una carga demasiado grande que impida ver por encima de ésta, o hacia los costados.
- Examinar la carga para asegurarse de que no tiene bordes cortantes o clavos salientes.

En cuanto a los equipos de protección individual que deben utilizarse según el tipo de trabajo por realizar, serán aquellos que protegen las manos y los pies de los trabajadores.

Instalaciones eléctricas

Las instalaciones eléctricas de una obra de construcción estarán expuestas a un grado mucho mayor de daño que cualquier otro tipo de instalación eléctrica. Por esta razón, se deberán realizar revisiones y verificaciones frecuentes durante todo el tiempo de ejecución de la obra. Será necesaria una ubicación adecuada para el equipo eléctrico de acometida, especialmente, para las acometidas temporales. En caso de que este equipo se dañe, puede ocasionar peligros de incendio o electrocución. Por lo general, existe una cantidad grande de personas que trabajan muy cerca del equipo eléctrico en una obra de construcción. Estas personas también pueden estar trabajando en condiciones desfavorables, lo cual incrementa la probabilidad de un peligro de electrocución en caso de que surja una condición de falla debido a la incorrecta ubicación o mantenimiento del equipo de acometida y distribución.

Sin embargo, no solo se deberá tener cuidado con el cable de acometida, sino también con todas las instalaciones de herramientas que se hagan durante la construcción como es el caso de: taladros, batidores, sierras, esmeriladoras, soldadoras, lijadoras, entre otros, pues muchas de estas herramientas se conectan en el mismo sitio de uso por lo que se van a requerir extensiones que deben estar fabricadas con materiales de muy buena calidad, resistentes al agua, temperatura y golpes, con el fin de brindar la máxima seguridad al usuario.

Servicios higiénicos

Cuando los trabajadores tengan que llevar ropa especial de trabajo, deberán tener a su

disposición vestuarios adecuados. Los vestuarios deberán ser de fácil acceso, tener las dimensiones suficientes y disponer de asientos e instalaciones que permitan a cada trabajador cambiarse de ropa.

Cuando los vestuarios no sean necesarios, cada trabajador deberá poder disponer de un espacio, para colocar su ropa y sus objetos personales bajo llave. Además, los vestuarios deberán ser independientes para uno u otro sexo y proporcionados al número de ellos, provistos de armarios metálicos o de madera para que no sólo aquellos puedan cambiarse de ropa, sino dejar esta y sus efectos personales debidamente recogidos. Los armarios estarán provistos de llave, una de las cuales se entregará al trabajador y la otra quedará en la oficina para casos de emergencia.

Cuando el tipo de actividad o la salubridad lo requieran, se deberán poner a disposición de los trabajadores duchas apropiadas y en número suficiente. Las duchas deberán tener las dimensiones suficientes para permitir que cualquier trabajador se asee sin obstáculos y en adecuadas condiciones de higiene.

Cuando no sean necesarias duchas, deberá haber lavabos suficientes y apropiados con agua potable, si fuere necesario, cerca de los puestos de trabajo y de los vestuarios. Los vestuarios, duchas, lavabos y retretes estarán separados para hombres y mujeres, o deberá habilitarse una utilización por separado de los mismos.

Abastecimiento de agua potable

En la obra, los trabajadores deberán disponer de agua potable y, en su caso, de otra bebida apropiada no alcohólica en cantidad suficiente, tanto en los locales que ocupen, como cerca de los puestos de trabajo.

La constructora facilitará a su personal, en los lugares de trabajo, agua potable, disponiendo para ello de grifos de agua corriente y en caso de no existir ésta, de un servicio de agua con recipientes limpios y en cantidad suficiente, en perfectas condiciones de higiene, especialmente, en aquellos días en que las condiciones del tiempo son calurosas.

Comedores

Los trabajadores deberán disponer de instalaciones para poder comer y en su caso, para preparar sus comidas en condiciones de seguridad y salud, pues sabemos que muchas personas traen su alimento desde la casa y necesitan un lugar para poder calentarlo, o también si el proyecto lo amerita, se podrá instalar una cocina con trabajadores que se dediquen exclusivamente a la preparación de los alimentos.

Locales de descanso

Cuando lo exijan la seguridad o salud de los trabajadores, en particular debido al tipo de actividad o el número de trabajadores, y por motivos de distancia de la obra con respecto a sus hogares, los trabajadores, deberán poder disponer de lugares de descanso y, en su caso, de locales de alojamiento de fácil acceso y seguros.

Los locales de descanso o de alojamiento deberán tener unas dimensiones suficientes y estar amueblados con mesas, camas y sillas, acorde con el número de trabajadores.

Primeros auxilios

Será responsabilidad del constructor, garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con la suficiente formación para ello. Asimismo, deberán adoptarse medidas para garantizar la evacuación, a fin de recibir cuidados médicos, los trabajadores accidentados o afectados por una indisposición repentina.

Cuando el tamaño de la obra o el tipo de actividad lo requiera, deberá contarse con uno o varios locales para primeros auxilios.

Los locales para primeros auxilios, deberán estar dotados de las instalaciones y el material de primeros auxilios indispensables y tener fácil acceso para las camillas.

Señalización

La señalización se ha generalizado como medio de información de las personas, para reaccionar ante un conjunto de advertencias, generalmente relacionados con dimensiones, colores, símbolos y formas geométricas que condicionan la forma de actuar del individuo que las percibe.

Los medios y dispositivos de señalización deberán ser, según los casos, limpiados, mantenidos, verificados y reparados regularmente o se sustituirán en caso necesario, a fin de que conserven sus cualidades de funcionamiento.

La señalización, para poder aplicarse en los puestos de trabajo, deberá fomentarse, ya que, actualmente, en la construcción, en especial las obras pequeñas, la implantación es mínima y sin embargo tiene la misma importancia que la formación e información a los trabajadores.

Desde que se comienza una obra de construcción se deberá tener en cuenta lo siguiente:

- Colocar la señal adecuada, en el lugar adecuado y justo el tiempo necesario.
- Comprobar que es posible cumplir y hacer cumplir con lo que indica la señal.
- Cuidar y mantener las señales en condiciones limpias.

Las señales más comúnmente utilizadas en los proyectos de construcción son las siguientes:



Figura 1. Tipos de señalización³



Figura 2. Tipos de señalización

³ Fuente:
www.ibermutuamur.es/Instalaciones-provisionales.html

Construcción Modular⁴

La edificación modular consiste en una construcción cuya ejecución se realiza casi por completo en factoría, albergando todo tipo de acabados e instalaciones específicas del uso al que se destine, obteniéndose un producto terminado, listo para ser transportado y montado en obra.

En la construcción actual, existen dos factores fundamentales que determinan el tiempo de ejecución de las obras. El primero de ellos es la calidad y tecnificación de la mano de obra y el segundo es el reordenamiento de los espacios en las matrices dimensionales.

Este último es más conocido como modulación. El uso de la modulación ha permitido que se unifiquen criterios en las industrias de la construcción con el fin de facilitar la labor del diseñador en cuanto al manejo del espacio y de reducir al máximo los desperdicios y/o empates necesarios en las diversas edificaciones. Además en el momento de la ejecución son más limpias.

Para el caso en particular de las bodegas provisionales, estas se modularon con los materiales que existen en el mercado, además de que su diseño está pensado en paneles que se ajusten al tamaño requerido de la bodega y no se limita a un tamaño específico, teniendo en cuenta que puedan armarse y desarmarse de una manera segura, fácil y rápida.

⁴ La coordinación modular aplicada a la mampostería integral. Arquitecto Mario Rodríguez Herrera. Junio 1992. CIVCO.

Diseño de la bodega

Las especificaciones del American Institute of Steel Construction (AISC) son las más importantes en cuanto a elementos de acero se refiere.

Las estructuras de acero, poseen características muy favorables de capacidad de disipación de energía, que las hacen idóneas para resistir los efectos sísmicos y de cargas a las cuales están impuestas. Esto ha sido demostrado por el buen desempeño que estas estructuras han tenido en general ante el efecto de sismos importantes. Por esta razón, los requisitos especiales que se imponen para las estructuras de acero en zonas sísmicas son poco numerosos.

Diseño de vigas y columnas

Las vigas son miembros estructurales que soportan cargas transversales y quedan por lo tanto sometidas principalmente a flexión.

Generalmente, las vigas están orientadas horizontalmente y sometidas a cargas verticales ya sean temporales o permanentes, pero no es necesariamente siempre el caso. Se considera que un elemento es una viga, siempre y cuando se genera el efecto de flexión en él ocasionado por esas cargas a las que está sometido.

Las columnas son miembros cuyas longitudes son considerablemente mayores que su ancho. Los miembros verticales cortos sujetos a cargas de compresión se denominan con frecuencia puntales o, simplemente, miembros a compresión.

El diseño de vigas como de columnas se realizan de acuerdo al AISC mediante el método de diseño LRFD.

Para el caso de vigas se deben diseñar por flexión y deben cumplir las siguientes condiciones:

$$\begin{aligned}\Phi M_n &> M_u \\ \Phi P_n &> P_u\end{aligned}$$

Esto quiere decir que la resistencia nominal de la viga tanto por momento como por carga axial debe ser mayor a la resistencia producto de las cargas actuantes. Además, para que la viga pueda resistir esas cargas actuantes se debe cumplir también la siguiente condición para elementos sometidos a flexo-compresión:

$$\frac{P_u}{2 \cdot \Phi \cdot P_n} + \frac{M_u}{\Phi \cdot M_n} \leq 1$$

Donde M_n se calcula de la siguiente manera:

$$M_n = F_y \cdot S_x \text{ con } \Phi = 0,90$$

Ahora, el término P_n se calcula mediante:

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g$$

Donde:

F_{cr} : esfuerzo crítico de pandeo.

A_g : área de la sección.

Luego se tiene que:

$$\lambda = \frac{k \cdot l}{\pi \cdot r} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

Donde si $\lambda \geq 1,5$

$$F_{cr} = \frac{0,877 \cdot F_y}{\lambda^2}$$

Si $\lambda \leq 1,5$

$$F_{cr} = 0,658 \cdot \lambda^2 \cdot f_y$$

El valor de Φ para carga axial es igual 0,85.

El diseño de las columnas como de las vigas hay que revisarlo por cortante donde se tiene que:

$$\Phi V_n \geq V_u$$

$$\Phi V_n = F_y \cdot 0,6 \cdot A_w$$

Donde Φ para este caso es de 0,85.

Diseño de conexiones

Soldadura⁵

El proceso de soldadura implica el proceso de fusión, mediante un arco eléctrico, es decir el calor de un arco eléctrico funde, simultáneamente un electrodo y el acero de las partes que se unirán. Es un proceso por el cual las partes son calentadas y fundidas con un metal que se conoce como material de aportación, el cual se agrega a la junta. Al calentarse una parte del elemento estructural, se funde formando un pequeño canal de una profundidad relativamente pequeña que al enfriarse junto con el metal de aportación actúan como una parte continua. Existen varios procesos de soldadura como la soldadura por arco metálico protegido, soldadura por arco metálico protegido por gas, el arco de núcleo fundente y la soldadura con electroescoria.

⁵ Diseño de Soldaduras. Ing. Gustavo Rojas Moya

Tipos de soldadura

Los dos tipos más comunes de soldaduras son las de filete y la de ranura. Las soldaduras de filete son aquellas que se colocan en una esquina formada por las dos partes que se van a unir. Las soldaduras de ranura son aquellas en que el material de aportación se deposita en una abertura o ranura preparada previamente, también llamada bisel. También, se tienen las soldaduras de tapón, que se emplean, generalmente, cuando la superficie por soldar no es suficiente y se requiere soldadura adicional.

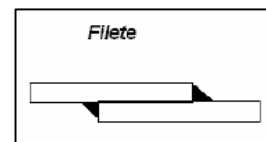


Figura 3. Soldadura de Filete

Soldadura de filete

Su diseño y análisis se basa en el supuesto de que la sección transversal de la soldadura es un triángulo rectángulo de 45°. El tamaño de la soldadura, llamado w se denota por la longitud de su lado. Es práctica especificar el tamaño de una soldadura en múltiplos de un 1/16". Se define como la garganta de la soldadura la distancia perpendicular de la base o raíz de la soldadura a la hipotenusa formada por los lados. Según lo anterior, la garganta tiene una longitud de 0,707 veces el tamaño o lado de la soldadura.

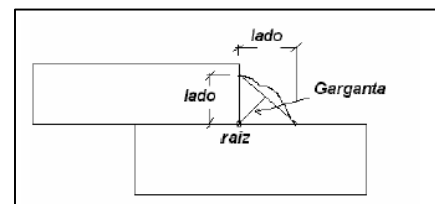


Figura 4. Detalle soldadura de filete

Resistencia: soldaduras de filete

Para una longitud de soldadura L , sometida a una carga P , el esfuerzo crítico se expresa de la siguiente manera:

Esfuerzo soldadura = $P / \text{área de la garganta}$

O en términos de la longitud y del tamaño de la soldadura tenemos, el esfuerzo en la soldadura será:

$$F_v = P / 0,707wL$$

Donde $0,707w$ es la longitud de la garganta, w es el tamaño de la soldadura y L la longitud de la soldadura.

La resistencia nominal de una soldadura de filete viene dada por:

$$R_n = 0,707 w F_w$$

Donde F_w denota la resistencia de la soldadura, ésta depende del electrodo, que se define como la resistencia última en tensión del material de aportación, que generalmente es 60, 70, 80, 90, 100 kips.

La resistencia del electrodo se toma como un 60% de su resistencia.

$$F_w = 0,60 F_{exx}$$

La resistencia última se define como:

$$R_u = \Phi R_n, \text{ con } \Phi = 0,75$$

Por ejemplo, para dos electrodos de uso corriente se tiene que su capacidad viene dada por:

$$E70 F_w = 0,75 (0,6 \cdot 70) = 31,5 \text{ ksi}$$

$$E60 F_w = 0,75 (0,6 \cdot 60) = 27 \text{ ksi}$$

En muchos casos es más práctico usar una resistencia de la soldadura por pulgada de longitud y por cada $1/16''$ de tamaño, por lo que la resistencia se expresa como:

$$q = 1/16 (0,707) \Phi 0,60 F_{exx}$$

Haciendo N = el número $1/16''$ en una soldadura se denota por q_a la capacidad de la soldadura dada por:

$$Q_a = N \cdot q, \text{ donde } N = 16w$$

El tamaño de la soldadura se define como:

$$N = q_a / q$$

En la tabla siguiente se presentan datos de resistencia de soldadura para diferentes electrodos

	E60	E70	E80
Resistencia de la garganta de la soldadura, (kg)	12247	14288	16329
Capacidad de la soldadura por cada $1/16''$ de espesor, q (kg/cm)	213	249	285

Tabla 1. Resistencia de la soldadura

El AISC tiene un requisito adicional, el cual es que el cortante debido a la carga factorizada sobre el metal base no debe exceder un esfuerzo máximo dado por ΦF_{Bm} , donde ΦF_{Bm} es la resistencia nominal por cortante del material conectado. La carga última sobre la conexión tendrá un máximo de:

$$\Phi R_n = \Phi F_{Bm} \cdot A$$

Donde A denota el área del metal base sometida cortante.

La resistencia por cortante del metal base, con un factor de reducción de capacidad $\Phi = 0,90$ será entonces:

$$\Phi F_{Bm} = 0,90 0,60 F_y = 0,54 F_y$$

Como práctica general, se trabaja con la resistencia por longitud unitaria de soldadura, que será la resistencia de la soldadura misma o la resistencia del metal base, la que sea más pequeña será la que rige.

Requisitos mínimos

El diseño de las uniones soldadas, requiere considerar detalles de tamaño de soldadura máximos mínimos y longitudes máximas y mínimas. Estos requisitos se dan en la sección del AISC. Los principales requisitos son:

Tamaño mínimo de soldadura

El tamaño mínimo de soldadura es una función del espesor de la parte más gruesa conectada, la cual se muestra en la siguiente tabla:

Espesor del material en la parte Más gruesa (mm)	Tamaño mínimo de la soldadura (in)
< 6,35	3,20
Sobre 6,35 a 12,7	4,80
Sobre 12,7 a 19	6,35
Sobre 19	7,90

Tabla 2. Tamaño mínimo de soldadura

Tamaño máximo de la soldadura

El tamaño máximo de la soldadura de filete a usar viene dado según la siguiente tabla:

Espesor placa	Tamaño
< 6,35	6,35
> 6,35	1,59

Tabla 3. Tamaño máximo de la soldadura

Longitud mínima

La longitud mínima de soldadura de filete es de cuatro veces su tamaño. También se establece que la longitud de las soldaduras no debe ser menos que la distancia entre las soldaduras, o sea: $L > w$.

Tornillos

Las especificaciones AISC tratan las conexiones en el Capítulo J, "Conexiones, Juntas y Sujetadores".

En dicho capítulo se presentan las tablas que se usan para el diseño de uniones atornilladas, según el siguiente desglose:

- Tracción, es decir con carga paralelo a sus ejes.
- Cortante, carga perpendicular a sus ejes.
- Combinación de tracción y cortante.

Existen dos tipos de tornillos que permiten utilizar el AISC:

- a. Tornillos estándar o comunes A307: se emplean en conexiones sometidas a cargas estáticas a y miembro secundarios como largueros, clavadores. Estos se aprietan únicamente hasta una condición de bien ajustado.
- b. Tornillos de alta resistencia A325, A490: se usan en conexiones importantes como puentes y edificios. Estos se aprietan para producir una tensión inicial mínima en el perno igual a aproximadamente un 70% de su resistencia a tensión.

Tipos de conexión

Los tornillos sometidos a cortante pueden fallar por dos modos diferentes, ya sea falla del tornillo por cortante simple o doble y la falla de la parte o elemento por aplastamiento.

El esfuerzo cortante se define como la carga cortante P transmitida dividida entre el área cortante:

$$F_v = P / A_v$$

El esfuerzo de aplastamiento f_p se define sobre el área de contacto entre el perno y la placa:

$$F_p = P / d \cdot t$$

La resistencia por aplastamiento es independiente del tipo de tornillo. Así el AISC da requisitos particulares para evitar el desgarramiento de la parte conectada y establecer requisitos mínimos de distancias al borde y de distancias entre tornillos.

En general el AISC, da un límite superior para este tipo de falla, basado en el esfuerzo de fractura multiplicada por el área proyectada de aplastamiento, así:

$$R_n = C * F_u * d * t$$

Donde C es una constante, d el diámetro del tornillo y t es el espesor de la parte conectada.

Requisitos de separación y distancias al borde

Para mantener una distancia libre entre tornillos apropiada y proporcionar espacio para las llaves, en la sección J3.3 del AISC, se establece que la separación centro a centro de los tornillos en cualquier dirección no sea menor a 2d, preferentemente 3d, donde d es el diámetro del tornillo. Distancias mínimas al borde, en cualquier dirección se dan en la tabla J3.4 como una función del tamaño del tornillo y del tipo de borde

En resumen se tiene:

- Distancia entre tornillos $C > 3d$
- Distancia al borde $L_c > 2d$

Entonces la resistencia por aplastamiento se evalúa como:

$$R_u = 0,75 * (1,2 * L_c * t * F_u), \text{ si } L_c \leq 2d$$

$$R_u = 0,75 * (2,4 * d * t * F_u), \text{ si } L_c > 2d$$

Resistencia nominal por cortante

La resistencia al corte viene dada por:

$$R_u = \Phi * F_v * A_b$$

Donde Φ es igual 0,75 y A_b es el área del tornillo.

En la tabla J3.3 se dan los valores de la resistencia para los tornillos, un resumen de la resistencia en cortante se presenta en la siguiente tabla:

	$R_n = F_v * A_b$	
A307	$24A_b$	
A325	$48A_b$	Roscas en plano de corte
A325	$60A_b$	Roscas no en plano de corte
A490	$60A_b$	Roscas en plano de corte
A490	$75A_b$	Roscas no en plano de corte

Tabla 4. Resistencia de los tornillos

Para tornillos cargados únicamente en tracción, la resistencia de diseño a la tensión es igual a Φ multiplicado por la resistencia a la tensión. Para tornillos que se cargan únicamente al corte, la resistencia de diseño al corte es igual a Φ multiplicada por la resistencia nominal al corte. Si sobre el tornillo actúan tensión y cortante, la resistencia máxima a la tracción se toma de la tabla J3.3 del AISC y la máxima al corte de la tabla J3.2. En todos los casos, los esfuerzos se convierten a fuerzas multiplicándolas por el área nominal de la sección transversal del tornillo.

La especificación AISC tiene una categoría especial de uniones de deslizamiento crítico o fricción. Cuando no se desee el deslizamiento de la unión (cargas de fatiga) el diseñador puede especificar tornillos de alta resistencia para "deslizamiento crítico", tabla J3.6

En una conexión crítica al deslizamiento no se permite el movimiento de las partes, por lo que la fricción no debe ser excedida. En una conexión tipo aplastamiento, el deslizamiento es aceptable y ocurren acciones de cortante y de aplastamiento.

Para impedir el deslizamiento, la carga debe limitarse. Aunque el deslizamiento se da bajo las cargas de servicio, las especificaciones permiten que se base sobre las cargas factorizadas. La resistencia por deslizamiento será una función del producto del coeficiente de fricción estática y la fuerza normal entre las partes conectadas, entonces la resistencia de la unión viene dado por la siguiente expresión, en la cual $\Phi = 1$:

$$\Phi R_{str} = \Phi * 1,13 * u * T_m * N_b * N_s$$

Donde:

u: coeficiente de deslizamiento

Tm: tensión mínima en el tornillo.
 Nb: número de tornillos de la conexión.
 Ns: número de planos de deslizamiento.

Conexiones con cortante y tensión combinados

Como en los otros casos de carga combinada, se usa el enfoque de la fórmula de interacción, para este caso se usa la siguiente fórmula:

$$\left[\frac{P_u}{(\Phi R_n)_t} \right]^2 + \left[\frac{V_u}{(\Phi R_n)_v} \right]^2 = 1$$

Donde:

Pu: carga de tensión factorizada sobre el tornillo.

(ΦRn)_t: resistencia de diseño del tornillo en tensión.

Vu: carga de cortante factorizada sobre el tornillo

(ΦRn)_v: resistencia de diseño por cortante en el tornillo.

Para conexiones críticas al deslizamiento, el efecto neto de la fuerza de tensión es reducir la fuerza de fricción disponible, por lo que la resistencia al cortante crítico debe reducirse por un factor según la siguiente ecuación:

$$1 - \frac{T_u}{1.13 \cdot T_m \cdot N_b}$$

Donde:

Tu: carga de tensión factorizada sobre la conexión.

Tm: tensión en el tornillo inicial.

Nb: número de tornillos en la conexión.

Tuercas con arandela móvil imperdible

Las ventajas obtenidas con el uso de la tuerca con arandela móvil imperdible son muchas:

- Evita que se olvide colocar la arandela.
- Facilitan el montaje, también en posiciones difíciles.
- Permiten reducir los tiempos de montaje.
- No estropean la superficie de apoyo porque la tuerza, en el proceso de

atornillado, gira sobre la arandela que permanece fija.

Las tuercas con arandela móvil imperdible pueden fabricarse en varias configuraciones:

- Con arandelas cónicas lisas.
- Con arandelas cónicas fresadas.
- Con arandelas planas lisas.

Tuercas con arandelas cónicas: las tuercas se atornillan libremente hasta que entran en contacto con la superficie de apriete. El torque aplicado determina una deformación elástica de la arandela, que ejerce en la tuerza una presión tal que evita que puedan aflojarla, ya sea el asentamiento del ensamblado, las vibraciones o las pérdidas de carga.

Tuercas con arandelas cónicas fresadas: estas arandelas se caracterizan por una corona circular fresada en la parte de contacto con la tuerca. La función del fresado añadido a las características elásticas de la arandela, consiste en contrarrestar todavía más el principio de desatornillado debido a las vibraciones.

Tuercas con arandela plana lisa: las tuercas llevan esta arandela, construida con material sin templar, se utilizan en situaciones donde se plantea el uso de una o más arandela de apoyo.

Recubrimientos o acabados

Los tornillos, arandelas, seguros, tuercas y otros sujetadores metálicos reciben un tratamiento en las fábricas antes de ponerlos a la venta, con el fin de preservarlos. Algunos ejemplos de recubrimientos son:

Fosfatados: se utilizan para prevenir la oxidación y vienen acompañados de aceite negro. Es débil ante la presencia de sal, soportan de 8 a 12 horas. Solamente los fosfatados con aceite pesado, soportan el baño de sal hasta 72 horas.

Pavonado: consiste en un tratamiento de oxidación superficial utilizando sales y temperatura que da como resultado una película anticorrosiva de acción limitada de color negro.

Negreado: es una inmersión de la pieza caliente en aceite soluble en agua, deja la superficie negra, es de poca resistencia, pero ofrece una superficie lubricada.

Galvanizado: existen dos procesos básicos: el electrolítico y por inmersión caliente. Los dos son de alta resistencia.

Niquelado: proceso electrolítico en el que se cubre la pieza con una película de níquel, muy resistente a la oxidación.

Elección del acabado superficial:

Ambiente	Acabado Recomendado
Interior, ambiente normal	Zincado, galvanizado
Exterior, ambiente normal	Galvanizado
Interior, industria alimentaria	Acero inoxidable, poliéster
Interior/Exterior, ambiente ácido o alcalino	Acero inoxidable, poliéster Galvanizado
Ambiente halógeno	Poliéster, Galvanizado

Tabla 5. Acabados de los tornillos

Durabilidad

La durabilidad del tornillo depende del recubrimiento o acabado final que se le da, por lo tanto se tiene que:

- Acero inoxidable: 50 años o más.
- Aluminio: 30 a 50 años.
- Bricomatizado: 10 a 15 años.
- Galvanizado: 5 a 10 años.

Arandelas

Razones principales para utilizar las arandelas:

- Para repartir el área de contacto y carga de un perno.
- Para cubrir el hueco más grande que el diámetro del tornillo.

Las arandelas sirven además para evitar o reducir la posibilidad de que la unión del ensamble se afloje con el tiempo o la vibración, como las arandelas de presión. También tenemos los que

sellan o retienen fugas de líquidos o gases, que vienen con sellos plásticos o de hule, un ejemplo son los tornillos para techo con un sello de neopreno o hule.

También existe una fórmula para utilizar apropiadamente las arandelas planas. Esta fórmula determina el tamaño de una arandela en relación al perno. La arandela debe tener el mismo diámetro que tiene la base de contacto de la cabeza del perno o de la tuerca más dos veces el grueso de la arandela.

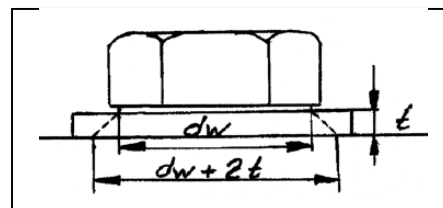


Figura 5. Detalle de arandelas⁶

Donde dw es el diámetro del tornillo y t el espesor de la arandela.

Esta regla se aplica a los pernos de grado 5 en adelante, los de menos capacidad no requieren ese cuidado.

Placas de asiento

Una vez determinadas las cargas que va a soportar la estructura, específicamente las columnas y basados en la carga axial que soporta dicha columna mediante el diseño realizado en el SAP2000, se puede conocer el área requerida para el apoyo de la placa.

Se asume que la placa de base distribuye la reacción R_u de la columna uniformemente bajo la placa. El área requerida de la placa A_1 se determine según:

$$A_1 = \frac{R_u}{\phi_c(0.85 \cdot f'c)}$$

$$A_1 = \frac{1}{A_2} \cdot \left(\frac{R_u}{\phi_c(0.85 \cdot f'c)} \right)^2$$

La primera fórmula corresponde al caso cuando la placa de base coincide con el área del

⁶ Fuente: www.torneca.com

pedestal de concreto y la segunda cuando el pedestal es mayor que el área de la placa. En este caso $\Phi_c = 0,60$.

Las dimensiones de la placa deben ser establecidas de tal modo que:

$$B \times N \geq A_1$$

El espesor requerido de la placa debe ser estimado según:

$$t_{req} = l \cdot \sqrt{\frac{2P_u}{0,9BNF_y}}$$

Donde l es el valor mayor de m , n y $\lambda n'$.

$$m = \frac{N - 0,95d}{2}$$

$$n = \frac{B - 0,8b_f}{2}$$

$$n' = \frac{1}{4} \sqrt{d * b_f}$$

$$\lambda = \frac{2\sqrt{x}}{1 + \sqrt{1-x}} \leq 1$$

$$X = \left(\frac{4db_f}{(d + b_f)^2} \right) \frac{P_u}{\phi_c P_p}$$

Se debe notar que ambos términos, la expresión entre paréntesis y la razón $P_u/\phi_c P_p$ son siempre menos o iguales a uno, entonces el valor de X será siempre menor o igual a uno.

Para $A_1 = A_2$ P_p se estima como:

$$P_p = 0,85 f' c A_1$$

Y cuando el área del pedestal es mayor que el área de la placa se calcula como:

$$P_p = 0,85 f' c A_1 \sqrt{\frac{A_1}{A_2}}$$

El único valor que se desconoce es A_1 , el cual corresponde al área de la placa a diseñar.

A_2 es el área de la base de concreto que estará soportando la columna y que unirá esta a la cimentación. Así con esos valores se puede conocer esa área, con la que, posteriormente, se debe verificar que la placa y la base de concreto.

Resultados

Los resultados que a continuación se mencionan están divididos en una serie de partes, las cuales son:

- Consideraciones iniciales.
- Cargas de diseño.
- Fuerza sísmica.
- Carga por viento.
- Diseño de columnas de acero.
- Diseño de vigas de acero.
- Diseño de conexiones.
- Diseño de placas de apoyo.
- Diseño de bloques de concreto.
- Diseño de anclajes.
- Selección de materiales.
- Plano de bodega.
- Presupuesto bodega en acero.
- Presupuesto bodega en madera.
- Comparación de bodegas.
- Instalaciones provisionales

Para el caso de la bodega modelo, se decidió fabricarla de 3,66x4,88m, el cual corresponde a una supuesta bodega para ingenieros en los proyectos. El tamaño fue basa en que generalmente, un tipo de estas bodegas requiere de ciertos espacios (ingeniería, colocación de herramientas y equipo, acopio de materiales, vestidores para trabajadores, entre otros) para la colocación de ciertos objetos, entre los cuales están: mesa para colocación de planos, lugar o estante para la colocación de planos, servicio sanitario, mesa para merienda y/o cocción de alimentos y archivo para el resguardo de documentos. Teniendo esa idea, se creo el tamaño de bodega antes mencionada, la cual se supone que al agregarle más paneles a su largo no va a afectar la estabilidad de la misma.

Cabe destacar que los paneles diseñados vienen en varias dimensiones, las cuales son: 1,22x2,44m, 0,305x2,44m, 0,915x2,44m, 0,305x1,22m y 1,22x1,22m

Consideraciones iniciales

El análisis de la bodega que a continuación se menciona, comprende el diseño de un modelo de bodega, el cual debido al ser pensado para ser modular, se pueden ajustar múltiples arreglos para hacer el tamaño de bodega que el proyecto requiera, eso si, tomando en cuenta que el ancho de la misma siembre van a ser tres paneles juntos de 1,22m de ancho, es decir, de 3,66m. El largo podrá ser de cualquier tamaño dependiendo de las necesidades a cubrir.

Cargas de Diseño

Carga Permanente:

Tubo 2x2x1.8	2,82	kg/m
Cubierta	5	kg/m ²
Forro	12,5	kg/m ²
Densidad Acero	7850	kg/m ³

Carga Temporal:

De acuerdo con el código sísmico debido al tipo de estructura, la carga temporal para techos de fibrocemento, láminas de acero galvanizado u otros será de 40kg/m².

Para el cálculo del peso de la estructura se tomó como base una bodega de 4,88x3,66m, ya que con esa se pretende realizar el diseño y basado en esa, un tamaño de bodega menor o mayor cumplirá con los requisitos de diseño, por lo tanto, para este caso, la bodega comprende 13 paneles de 1,22x2,44m, 3 paneles de 0,305x2,44 y 9 piezas que funcionan como largueros para colocar la cubierta de techo. Generando todo esto un peso de la estructura de 884,5Kg,

Fuerza sísmica

Para estimar la fuerza del sismo se basó en el Código Sísmico de Costa Rica y el procedimiento se presenta a continuación.

Debido a que el diseño de la bodega no corresponde a un lugar físico en específico se escogieron los valores más críticos para determinar el coeficiente sísmico.

Primeramente, se determinó que la zona en la que se encontraba el proyecto es IV, el tipo suelo presente es S3, por lo que se obtiene una aceleración efectiva de 0,44. El uso de la estructura corresponde al Grupo E: edificaciones misceláneas, por lo tanto tiene un factor de $I = 0,75$. Se utiliza sistema estructural tipo marco, es regular y tiene una ductilidad global moderada, obteniéndose una ductilidad global asignada de $\mu = 4$. Se obtiene que el período $T = 0,12N = 0,12$. El factor espectral dinámico FED es 0,94 y con esos valores obtenemos un coeficiente sísmico de $C = 0,1551$

Luego se debe calcular el peso total de la estructura, aquí incluye el peso propio de todos los elementos que conforman la bodega: acero, forro y cubierta. El peso total de la estructura es de 884,5 Kg.

La fuerza sísmica sería entonces el peso total por el coeficiente sísmico, ésta es igual a 137Kg.

Carga por viento

Debido a que la estructura es una bodega provisional para las construcciones, es importante considerar las cargas que se puedan dar por el viento.

El diseño por viento esta basado en el Reglamento de Construcciones de acuerdo con el artículo XX.7.

Se considera el efecto del viento en los dos ejes principales de la estructura. Los factores de carga y los esfuerzos permisibles en el diseño por la carga del viento, son los mismos que se especifican para el diseño sísmico en el Código Sísmico de Costa Rica (artículo 6.3) reemplazando los términos provenientes de la acción sísmica por el correspondiente a la fuerza del viento.

Para determinar la presión básica del viento deberán usarse los siguientes valores mínimos de presión básica, en construcciones hasta de 100 metros de altura, debiendo interpolarse linealmente para alturas intermedias según cuadro XX.9.2.

Para tal caso a una altura de 2,44m la presión básica del viento corresponde a 76Kg/m².

Luego se clasifica la estructura de acuerdo con su importancia, para la bodega corresponde un factor de coeficiente de uso $C_u = 0,70$. Por lo tanto, la presión de diseño es la presión básica del viento multiplicada por el coeficiente de uso, dando una presión de diseño de $53,3\text{Kg/m}^2$.

Finalmente, para determinar la fuerza debido al viento se utiliza la siguiente fórmula:

$$F_v = q_d * C_p * A$$

Donde:

q_d : presión de diseño.

C_p : coeficiente de presión

A: área expuesta.

Para este caso el coeficiente de presión es 0,8 pues se determina la estructura como pared plana y que se encuentra frente al viento. Este caso se analiza la fuerza del viento en dos direcciones por lo que el área frente al viento es:

$$A_1 = 8,93\text{m}^2$$

$$A_2 = 4,88\text{m}^2$$

Con esto se determina la fuerza del viento en dos direcciones.

$$F_{v_1} = 380\text{Kg}$$

$$F_{v_2} = 507\text{Kg}$$

Donde F_{v_1} corresponde a la dirección del viento sobre el eje x mientras que F_{v_2} es sobre le eje y.

Diseño de columnas de acero

El diseño de columnas se realiza basado en el AISC, considerando las columnas bajo combinación de carga axial y momento.

Primeramente, se tiene las cargas máximas que va a soportar dicha columna, las cuales vienen de una serie de combinaciones de carga que se muestran a continuación:

- 1) $C_u = 1,2CM + 1,6CT$
- 2) $C_u = 1,05CM + fCT + CSX$
- 3) $C_u = 1,05CM + fCT - CSX$
- 4) $C_u = 1,05CM + fCT + CSY$
- 5) $C_u = 1,05CM + fCT - CSY$
- 6) $C_u = 1,05CM + fCT + CVX$
- 7) $C_u = 1,05CM + fCT - CVX$
- 8) $C_u = 1,05CM + fCT + CVY$
- 9) $C_u = 1,05CM + fCT - CVY$
- 10) $C_u = 1,4CP$
- 11) $C_u = 0,95CP + CSX$
- 12) $C_u = 0,95CP - CSX$
- 13) $C_u = 0,95CP + CSY$
- 14) $C_u = 0,95CP - CSY$
- 15) $C_u = 0,95CP + CVX$
- 16) $C_u = 0,95CP - CVX$
- 17) $C_u = 0,95CP + CVY$
- 18) $C_u = 0,95CP - CVY$

Figura 5. Combinaciones de carga

Donde:

C_u : carga última.

CM: carga muerta.

CT: carga temporal

f: factor de participación de la carga temporal que es igual a cero, debido a que es un techo.

CSx: carga por sismo en la dirección x

CSy: carga por sismo en la dirección y

CVx: carga por viento en la dirección x

CVy: carga por viento en la dirección y

De acuerdo al modelo establecido en el programa computacional SAP2000 se obtuvieron las siguientes cargas basadas en la combinación más crítica que fue la número 6 de la figura 5:

$$P_u = 67,78\text{Kg.}$$

$$M_u = 91,10\text{Kg-m}$$

$$V_u = 37,37\text{Kg}$$

$$\Delta u = 0,006619\text{m}$$

La sección utilizada es tubo estructural cuadrado de $50 \times 50 \times 1,8\text{mm}$, el cual tiene las siguientes características:

$$\text{Espesor: } t = 1,8\text{mm}$$

Área: $A = 3,30\text{cm}^2$
 Inercia: $I = 12,34\text{cm}^3$
 Módulo de sección: $S = 4,94\text{cm}^3$
 Radio de giro: $r = 1,94\text{cm}$
 Resistencia: $F_y = 2310\text{Kg/cm}^2$

Para que la columna soporte las cargas impuestas se debe cumplir la siguiente condición:

$$\frac{P_u}{2 \cdot \phi \cdot P_n} + \frac{M_u}{\phi \cdot M_n} \leq 1$$

El valor de M_n se calcula mediante la siguiente ecuación

$$M_n = \phi \cdot F_y \cdot S, \text{ con } \phi = 0,90$$

$M_n = 0,90 \cdot 2310 \cdot 4,94$
 $M_n = 10.270,26\text{Kg-cm}$
 $M_n = 102.70\text{Kg-m}$

El término P_n corresponde a la carga axial nominal que puede soportar la columna, se calcula mediante:

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g$$

Donde:
 F_{cr} : esfuerzo crítico
 A_g : área de la sección.

Luego se tiene que:

$$\lambda = \frac{k \cdot l}{\pi \cdot r} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

Donde si $\lambda \geq 1,5$

$$F_{cr} = \frac{0,877 \cdot F_y}{\lambda^2}$$

Si $\lambda \leq 1,5$

$$F_{cr} = 0,658 \cdot \lambda^2 \cdot f_y$$

De las fórmulas anteriores se tiene que:

$$\lambda = \frac{1 \cdot 244}{\pi \cdot 1,94} \sqrt{\frac{2310}{2,1 \times 10^6}}$$

$$\lambda = 1,33$$

$$F_{cr} = 2679,83\text{Kg/cm}^2$$

$$P_n = 2679,83 \cdot 3,30$$

$$P_n = 8843,43\text{Kg}$$

$$\phi P_n = 0,85 \cdot 8843,43$$

$$\phi P_n = 7516,92\text{Kg}$$

Por lo tanto para la condición que combina carga axial y momento se tiene que:

$$\frac{69,78}{2 \cdot 7516,92} + \frac{91,10}{102,70} \leq 1$$

$$0,89 \leq 1$$

A continuación se muestra un esquema de la estructura:

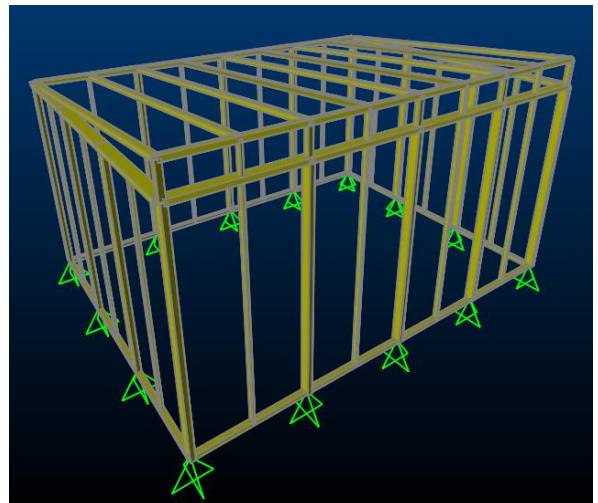


Figura 6. Detalle de la estructura.

De acuerdo con el valor anterior la columna soporta las fuerzas bajo combinación de carga axial y momento.

Ahora también se debe revisar que la sección utilizada cumpla por cortante, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\phi V_n \geq V_u$$

$$V_n = F_y \cdot \phi \cdot A_w$$

Entonces se tienen los siguientes valores:

$$\begin{aligned} V_n &= 2310 \cdot 0,90 \cdot 3,30 \\ V_n &= 6860,70 \text{Kg.} \\ \Phi V_n &= 6860,70 \cdot 0,60 \\ \Phi V_n &= 4116,42 \end{aligned}$$

Comparando los valores de cortante último V_u y el cortante nominal que soporta la columna se cumple que $\Phi V_n \geq V_u$.

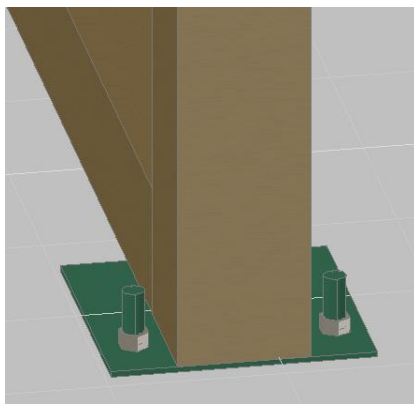


Figura 7. Detalle de unión por cortante

Finalmente se debe revisar la columna por deflexión. La deflexión máxima que puede soportar la columna es de:

$$\begin{aligned} \Delta_{\text{máx}} &= L / 240 \\ \Delta_{\text{máx}} &= 2,44 / 240 \\ \Delta_{\text{máx}} &= 0,0102 \text{cm} \end{aligned}$$

La deflexión que genera las cargas actuantes es de $\Delta_u = 0,0066 \text{cm}$ la cual es menor a la deflexión máxima permitida.

Diseño de vigas de acero

El diseño de vigas se analiza del mismo modo que las columnas.

Las cargas últimas que se presentan en la estructura son:

$$\begin{aligned} P_u &= 106 \text{Kg.} \\ M_u &= 36,36 \text{Kg-m} \\ V_u &= 57,93 \text{Kg} \\ \Delta_u &= 0,00016 \text{m} \end{aligned}$$

La sección utilizada es tubo estructural cuadrado de 50x50x1,8mm, el cual tiene las siguientes características:

$$\begin{aligned} \text{Espesor: } t &= 1,8 \text{mm} \\ \text{Área: } A &= 3,30 \text{cm}^2 \\ \text{Inercia: } I &= 12,34 \text{cm}^3 \\ \text{Módulo de sección: } S &= 4,94 \text{cm}^3 \\ \text{Radio de giro: } r &= 1,94 \text{cm} \\ \text{Resistencia: } F_y &= 2310 \text{Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Para que la viga soporte las cargas impuestas se debe cumplir la siguiente condición:

$$\frac{P_u}{2 \cdot \Phi \cdot P_n} + \frac{M_u}{\Phi \cdot M_n} \leq 1$$

El valor de M_n se calcula mediante la siguiente ecuación

$$M_n = \Phi \cdot F_y \cdot S, \text{ con } \Phi = 0,90$$

$$\begin{aligned} M_n &= 0,90 \cdot 2310 \cdot 4,94 \\ M_n &= 10.270,26 \text{Kg-cm} \\ M_n &= 102.70 \text{Kg-m} \end{aligned}$$

El término P_n corresponde a la carga axial nominal que puede soportar la viga, se calcula mediante:

$$P_n = F_{cr} \cdot A_g$$

Donde:

Fcr: esfuerzo crítico

Ag: área de la sección.

Luego se tiene que:

$$\lambda = \frac{k \cdot l}{\pi \cdot r} \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

Donde si $\lambda \geq 1,5$

$$F_{cr} = \frac{0,877 \cdot F_y}{\lambda^2}$$

Si $\lambda \leq 1,5$

$$F_{cr} = 0,658 \cdot \lambda^2 \cdot f_y$$

De las fórmulas anteriores se tiene que:

$$\lambda = \frac{1 \cdot 244}{\pi \cdot 1,94} \sqrt{\frac{2310}{2,1 \times 10^6}}$$

$$\lambda = 1,33$$

$$F_{cr} = 2679,83 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P_n = 2679,83 \cdot 3,30$$

$$P_n = 8843,43 \text{ Kg}$$

$$\Phi P_n = 0,85 \cdot 8843,43$$

$$\Phi P_n = 7516,92 \text{ Kg}$$

Por lo tanto, para la condición que combina carga axial y momento se tiene que:

$$\frac{106}{2 \cdot 7516,92} + \frac{57,93}{102,70} \leq 1$$

$$0,57 \leq 1$$

De acuerdo con el valor anterior la viga soporta las fuerzas bajo combinación de carga axial y momento.

Ahora también se debe revisar que la sección utilizada cumpla por cortante, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\Phi V_n \geq V_u$$

$$V_n = F_y \cdot \Phi \cdot A_w$$

Se tienen los siguientes valores:

$$V_n = 2310 \cdot 0,90 \cdot 3,30$$

$$V_n = 6860,70 \text{ Kg}$$

$$\Phi V_n = 6860,70 \cdot 0,60$$

$$\Phi V_n = 4116,42$$

Comparando los valores de cortante último V_u y el cortante nominal que soporta la viga se cumple que $\Phi V_n \geq V_u$.

Finalmente, se debe revisar la columna por deflexión. La deflexión máxima que puede soportar la viga es de:

$$\Delta_{\text{máx}} = L / 360$$

$$\Delta_{\text{máx}} = 2,44 / 360$$

$$\Delta_{\text{máx}} = 0,007 \text{ cm}$$

La deflexión que genera las cargas actuantes es de $\Delta_u = 0,00016 \text{ m}$ la cual es mucho menor a la deflexión máxima permitida.

Cabe destacar algo realmente importante, las bodegas siempre deberán realizarse con un ancho máximo de 3,44m, debido que en un ancho mayor los clavadores y otros elementos no soportarían las cargas actuantes, sin embargo, el largo de la bodega es infinito y se hará del tamaño que se requiera, teniendo la enorme ventaja que si se colocan dos bodegas juntas, no tendrá que realizarse una doble pared entre ellas, pues basta una para unir bodega con bodega sin que afecten las cargas actuantes.

Diseño de conexiones

Tornillos

Primeramente se van a diseñar los tornillos para resistir fuerzas a cortante. El valor del máximo valor cortante se obtiene de la máxima combinación de carga.

Del análisis realizado en el programa computacional SAP2000 las mayores cargas se

obtuvieron con la combinación donde influía el viento, la cual es:

$$C_u = 1,05 \cdot C_M + f \cdot C_V + C_{Vx}$$

Donde:

C_u : carga última en cortante.

C_M : carga muerta

C_T : carga temporal ($f=0$ debido a que es un techo)

C_{Vx} : carga de viento en la dirección "x" donde el mismo incide en un área mayor.

Por lo tanto, la carga última en que resulto en cortante es de: 69,78Kg, cabe destacar que esta es una fuerza axial debido a que a la hora de unir los dos paneles ésta carga axial va a generar un cortante simple entre los dos elementos.

Para determinar el diseño de la resistencia de los tornillos el fabricante de los mismos, el cual es Torneca, brinda la siguiente fórmula para calcular la carga cortante:

$$C_c = 0,577 \times R_c \times A_s$$

Donde:

C_c : carga cortante

0,577: factor invariable pre establecido.

R_c : la resistencia a ceder por unidad de área.

A_s : área de esfuerzo.

De acuerdo con los valores que ofrece Torneca de resistencia a ceder de los tornillos se tiene la siguiente tabla:

Tornillo	Resistencia a ceder
Grado 2	57 ksi
Grado 3	92 ksi
Grado 8	130 ksi

Para tal caso se escoge el tornillo de grado 2 y con un diámetro de $\frac{1}{4}$ de pulgada, el cual tiene un área de esfuerzo de 0,0318 pulg².

Con esos valores la resistencia de la carga cortante es de:

$$C_c = 0,577 \cdot 57 \cdot 0,0318$$

$$C_c = 1,05 \text{ kips}$$

$$C_c = 475,4 \text{ Kg.}$$

De aquí se obtiene que $C_u < C_c$, por lo tanto la conexión resiste las cargas impuestas.

La resistencia anterior por cortante la brinda el fabricante de tornillos Torneca, sin embargo también se debe realizar otro análisis de acuerdo al AISC, el cual brinda la siguiente fórmula para la resistencia a cortante:

$$R_u = \Phi \cdot F_v \cdot A_b$$

Donde:

R_u : resistencia última en cortante.

Φ : 0,75

F_v : resistencia del tornillo.

A_b : área de esfuerzo del tornillo.

$$R_u = 0,75 \cdot 57 \cdot 0,0318$$

$$R_u = 1,36 \text{ kips}$$

$$R_u = 617,93 \text{ Kg}$$

De igual manera $C_u < R_u$ y por lo tanto el tornillo cumple por cortante.

Algo fundamental es garantizar la unión entre paneles de acero, por ello se debe determinar la separación que van a tener los tornillos para dicha unión, pues se debe asegurar que para la cargas impuestas no se vayan a separar, vayan a sufrir pandeo local o global y vaya a fallar la estructura. Para obtener la distancia máxima que garantiza una unión adecuada, se aplica la siguiente fórmula:

$$\lambda \cdot l / r = 2 \cdot S / r_{\min}$$

Donde:

λ : condición de apoyo igual a 1 por ser articulado – articulado.

l : longitud de la columna

r : radio de giro de la columna

r_{\min} : radio de giro de un elemento

S : separación entre los tornillos

$$S = 0,5 \cdot 1 \cdot 244 \cdot 1,94 / 3,88$$

$$S = 61 \text{ cm}$$

Por lo tanto para que no se vaya a producir pandeo local de la columna y no se vaya

a separar se deben colocar 3 tornillos a cada 61cm.



Figura 8. Detalle de unión entre paneles

Luego, para la conexión de cada panel al bloque de concreto en el suelo se tiene un cortante basal último de 37,34Kg y se utiliza varilla roscada de ¼ de pulgada anclada en el concreto, la cual presenta una resistencia de $F_y = 36\text{ksi}$, el área es de $0,0491\text{ pulg}^2$, se aplica la fórmula anterior y se obtiene:

$$\begin{aligned} R_u &= 0,75 * 36 * 0,0491 \\ R_u &= 1,33\text{Kips} \\ R_u &= 602,59\text{Kg} \end{aligned}$$

Como se observa $R_u = 602,59\text{Kg} > C_u = 37,34\text{Kg}$, por lo tanto el tornillo resiste.



Figura 9. Detalle de unión entre paneles a cada 61cm

Soldadura

La unión por este método se analiza mediante lo establecido en el AISC.

La carga que debe resistir cada marco es de 37,34Kg. Para evitar que entre agua a las piezas de acero y se corroa la soldadura se debe realizar en toda su longitud, es decir, en todo el perímetro del tubo, por lo tanto la longitud de la soldadura es de 20cm (7,87 pulg). Se usará soldadura 6013 con espesor de 3/32 pues el tubo estructural es de espesor pequeño.

La resistencia de la soldadura viene dada por la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} R_n &= 0,707 * w * L * F_w \\ R_u &= \Phi * R_n \end{aligned}$$

Donde:

R_n : resistencia nominal.

0,707: longitud de la garganta.

w : tamaño de la soldadura.

L : longitud de la soldadura.

F_w : resistencia de la soldadura.

Φ : 0,75.

R_u : resistencia última.

$$\begin{aligned} R_n &= 0,707 * 3/32 * 7,87 * (0,6 * 60) \\ R_n &= 18,78\text{Kip} \\ R_n &= 8536\text{Kg} \\ R_u &= 6401,86\text{Kg} \end{aligned}$$

El AISC tiene un requisito adicional, el cual es que el cortante debido a la carga factorizada sobre el metal base no debe exceder un esfuerzo máximo dado por ΦF_{Bm} , donde ΦF_{Bm}

es la resistencia nominal por cortante del material conectado. La carga última sobre la conexión tendrá un máximo de:

$$\Phi R_n = \Phi F_{Bm} \cdot A$$

Donde A denota el área del metal base sometida cortante.

La resistencia por cortante del metal base, con un factor de reducción de capacidad $\Phi=0,90$ será entonces:

$$\Phi F_{Bm} = 0,90 \cdot 0,60 F_y = 0,54 F_y$$

$$\Phi F_{Bm} = 0,54 \cdot 2310$$

$$\Phi F_{Bm} = 1247,4$$

Finalmente se tiene que $\Phi F_{Bm} > V_u$, por lo que la conexión mediante soldadura resiste las cargas impuestas.

Diseño de placas de asiento

Debido a que se necesita tener un soporte entre el bloque de concreto y los paneles, se requiere soldar una placa a los paneles para que queden fijos al suelo y no tiendan a moverse debido al peso propio y al viento.

La máxima carga que recibe esta placa es una carga axial de 69,78Kg de acuerdo a la combinación de carga utilizada durante todo el diseño de la estructura, sin embargo, en otras combinaciones la máxima carga axial es 167,67Kg.

Como las cargas de la estructura no son altas, los bloques de concreto que van a soportar esas cargas se fabricarán con concreto de resistencia 175Kg/cm^2 , mismo utilizado para el relleno de bloques de concreto.

El diseño de las placas requiere considerar dos aspectos, el primer se refiere a la estimación del tamaño de la placa de apoyo y el segundo a la determinación de la placa.

La placa tendrá un área de $15 \times 15\text{cm}$ con el fin de poder fijarla al bloque de concreto con dos tornillos, los cuales quedaran anclados al mismo.

El espesor de la placa se determina mediante la siguiente fórmula:

$$t = m \cdot \sqrt{\frac{2 P_u}{\Phi \cdot A \cdot F_y}}$$

Donde:

t: espesor de la placa

m: tamaño del voladizo

A: área de la placa.

Fy: resistencia del acero ($F_y = 2310\text{Kg/cm}^2$)

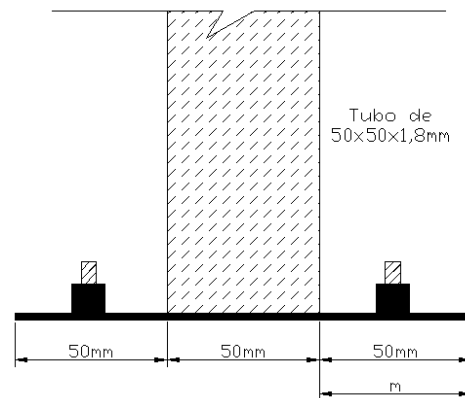


Figura 10. Unión de placa de acero.

Por lo tanto, tenemos que "m" es igual a 50mm y aplicando la fórmula se tiene que:

$$t = 1,28\text{mm}$$

De acuerdo con los espesores de lámina de hierro que se consiguen en el mercado nacional se escoge lámina de 1,58mm de espesor. (Generalmente se pide como lámina de 1/16" de espesor).

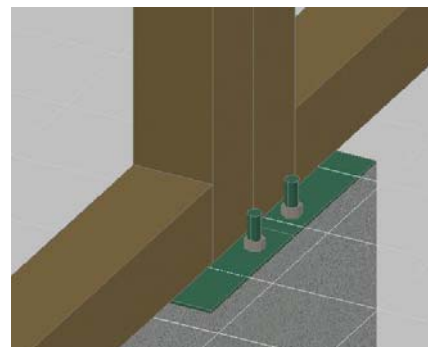


Figura 11. Detalle de unión entre placa y bloque de concreto.

Sin embargo, debido a que el espesor de la placa es delgada, y debido a el posible levante de los bordes una vez anclada a los bloques de concreto, se escoge utilizar lámina de 3,17mm de espesor.

Cabe mencionar que la figura 11 representa la unión entre dos paneles, los cuales como se menciono anteriormente están unidos mediante tornillos, además cada uno de estos paneles tendrá soldada la basa una placa de 15x15cm, la cual tendrá dos orificios para poder unirla a los anclajes del bloque de concreto.

Diseño de bloques de concreto

El bloque de concreto se diseña como concreto estructural simple, según lo especifica el ACI (Instituto Americano de Concreto) en el capítulo 22.

El diseño de superficies de apoyo sometidas a compresión debe basarse en:

$$\Phi B_n \geq B_u$$

Donde:

B_u : es la carga de aplastamiento mayorada, obtenida de la combinación de carga.

B_n : es la resistencia nominal al aplastamiento del área cargada A_1 , calculada como:

$$B_n = 0,85 * f_c * A_1$$

El área A_1 corresponde al área donde se apoya completamente la placa de acero, la cual corresponde a 15x15cm, generando un área de 225cm² y un $f_c = 175\text{Kg/cm}^2$, con lo cual se obtiene un valor de B_n igual a:

$$B_n = 33.468,75\text{Kg}$$

De acuerdo al valor máximo de carga axial que debe soportar el bloque, la cual corresponde a $B_u = 69,78\text{Kg}$, se observa claramente que $\Phi B_n \geq B_u$, resistiendo las cargas impuestas. Otras combinaciones de carga generan una carga axial máxima de $B_u =$

167,67Kg. Donde de igual forma el bloque supera las cargas impuestas.

Cabe destacar que el valor de resistencia del concreto $f_c = 175\text{Kg/cm}^2$ y el tamaño final que tendrá cada bloque de concreto será de 15x30cm con una profundidad de 20cm el cual pesará aproximadamente 22Kg.

Diseño de anclajes

El diseño de los anclajes que llevará el bloque de concreto se basará en el apéndice D del ACI.

Básicamente, el diseño de los anclajes se hará para soportar la carga cortante que se presenta en la base, la cual es de $V_u = 37,34\text{Kg}$. El tipo de anclaje a utilizar será varilla roscada de 9,5mm de diámetro nominal.

De acuerdo con la sección D.6.1.2 del ACI la carga máxima que soporte el anclaje es de:

$$V_{sa} = n * 0,60 * A_{se} * f_{uta}$$

Donde:

N : número de tornillos en el bloque de concreto.

A_{se} : área de sección efectiva de un anclaje.

f_{uta} : resistencia del anclaje.

Para tal caso el bloque de concreto contará con dos anclajes, cada anclaje tendrá un área de esfuerzo de 0,650cm² y su resistencia será de $F_y = 2310\text{Kg/cm}^2$, por lo tanto:

$$V_{sa} = 2 * 0,60 * 0,621 * 2310$$

$$V_{sa} = 1721,04\text{Kg}$$

$$\Phi V_{sa} = 1721,04 * 0,65$$

$$\Phi V_{sa} = 1118,17\text{Kg}$$

Por lo tanto, se cumple que $\Phi V_{sa} > V_u$ y la resistencia del anclaje es adecuada para las cargas actuantes.

Es importante también mencionar las distancias al borde, espaciamientos mínimos entre anclajes y la profundidad que vayan a tener dentro del bloque de concreto.

Según la sección D.8.1 del ACI la distancia mínima al borde debe ser 4 veces el diámetro del tornillo para anclajes pre instalados. Además la sección D.5.2.2 dice que la profundidad del anclaje debe estar entre 280mm

y 635mm, también es recomendable utilizar como profundidad 5 diámetros del perno a usar. Para este caso, y para mayor seguridad de evitar que el anclaje se vaya a arrancar por una carga de extracción, se utilizará como profundidad de anclaje 5cm.

Lo anterior queda más claro mostrado en las siguientes figuras:

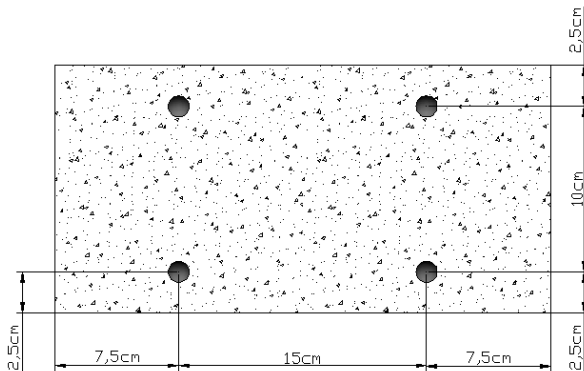


Figura 12. Vista en planta de bloque de concreto.

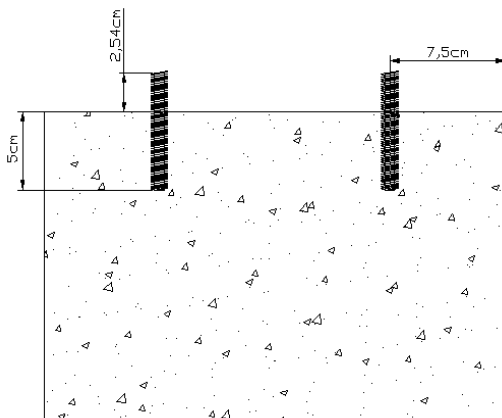


Figura 13. Vista lateral de bloque de concreto.

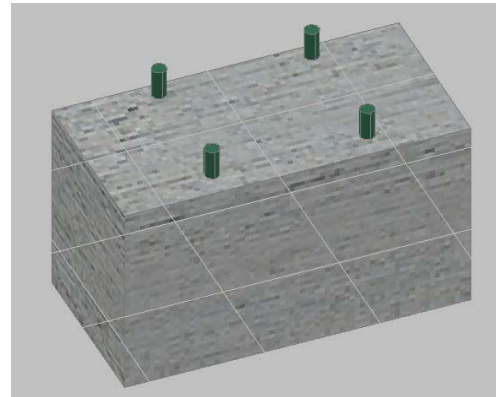


Figura 14. Vista en 3D del bloque de concreto de 15x30x20cm.

Selección de materiales

Estructura principal

Para el material por utilizar en la construcción de los paneles que conforman la bodega se determinó escoger un material de alta resistencia, que soportara las inclemencias del tiempo, y que fuera de poco peso, por lo tanto se decidió, utilizar tubo de acero estructural galvanizado, esto último con el fin de evitar la corrosión en el material.

Por lo tanto se seleccionó para fabricar los paneles y clavadores tubo estructural de hierro negro de 50x50x1.8mm y tubo de 50x25x1.58 para poder atornillar la lámina de forro a cada 61cm.

Conexiones soldadas

Debido a que cada elemento del panel debe estar fijamente unido se utilizará para dicha unión soldadura con electrodo E6013 en 3/32".

Estas conexiones deberán seguir los cuidados y recomendaciones que brinda la AWS (American Welding Society) con el fin de obtener una estructura segura.

Conexiones atornilladas

Como se requiere que los paneles sean modulares y tengan la ventaja de armarse y desarmarse las conexiones entre ellos y entre los miembros de la estructura del techo de utilizarán tornillos, los cuales deben ser galvanizados para evitar que estos se dañen rápidamente por las condiciones de viento y lluvia. Para ello se pretende usar tornillo con cabeza hexagonal de 6,35mm de diámetro y en longitudes que varían de acuerdo con los miembros que se vayan a unir. Poseen una resistencia al corte de 57Ksi y a la tensión de 74Ksi. Además, se utilizarán tuercas con arandela incluida para evitar que se deñe la estructura por aplastamiento.

Placas de apoyo

Con el fin de fijar adecuadamente cada panel al suelo, cada uno deberá llevar una placa de acero de 150x150x1,58mm soldada en la base en ambos lados, esto para poder atornillarlos a un cubo de concreto el cual posee dos elementos de varilla roscada para poder colocar el panel y fácilmente atornillar ambos elementos.

Angulares

Para unir los paneles en las esquinas, es decir donde formen un ángulo recto, deberán colocarse angulares de 50x50x1.58 con el fin de mantener la estructura firme.

Bloque de concreto

Para fijar el panel sobre un apoyo firme, se construirán bloques prefabricados de concreto de 30x15x20cm, el cual requiere de una pequeña excavación para ser colocado en el suelo. Además, este bloque de concreto incluye de 2 a 4 varillas roscadas con resistencia de $F_y = 34\text{Ksi}$.

Cubierta del techo

La cubierta del techo es de gran importancia, pues debe cerciorarse que sea de buena calidad y que ante fuertes vientos no vaya a despegarse de la estructura principal.

Para la bodega se colocará una lámina rectangular galvanizada fabricada por Metalco, la cual brinda múltiples ventajas, entre las cuales están: por el ancho de la lámina, se requiere menos traslapes lo cual permite un ahorro de hasta un 5%, se puede fabricar hasta un máximo de 10m logrando un ahorro en los traslapes y rapidez de instalación, su doble recubrimiento de zinc y esmalte, aumentan la resistencia a la corrosión, prolongando su vida útil.

Las dimensiones de la cubierta por utilizar son de 1,07x2,44m en calibre 28, la cual tiene un peso de 7,8Kg, un cubrimiento útil de 2,31m² y una distancia máxima entre clavadores de 0,95m.

Puertas

Algunos paneles básicos de 1,22x2,44m serán especiales, éstos llevarán 3 bisagras, una a 30,5cm desde la parte inferior, otra a 122cm y la última a 213,5cm con el fin de que el peso de la puerta no vaya a despegarla. Estas bisagras para obtener mayor resistencia serán soldadas a la estructura del tubo y pintadas con anticorrosivo.

Ventanas

Ciertos paneles de 2,44x1,22 serán también de construcción especial, pues para no hacer la bodega muy oscura, se dejará espacio para colocar una ventana con marco de aluminio que se fijará fácilmente a la estructura mediante silicón, el cual será fácilmente removido una vez se desarme la bodega.

La ventana será colocada a 152,5cm desde la base del panel, tendrá un ancho de 122cm y una altura de 61cm.

Forro del panel

Para la selección de la mejor alternativa en cuanto al forro que debía llevar la estructura, se buscaron varias alternativas que presenta el mercado nacional, entre las cuales están: fibrolit, plystone, plywood marino, durock, metal deck y lámina de gypsum densglass.

Se analizó cada una de ellas, y de acuerdo con los requerimientos que posee la estructura y debido a que va a estar expuesta a la intemperie se seleccionó como material definitivo la lámina de gypsum densglass de 12mm de espesor con acabado de mortero especial para dicha lámina.

La selección fue basada en una serie de condiciones, entre las cuales está que la garantía que brinda la lámina expuesta a exteriores es de 10 años, lo cual es de gran importancia se requiere que la bodega sea de buena calidad.

Esta es una lámina para ser colocada en paredes, precintas, tapicheles, fachadas y cielorrasos exteriores expuestos a la intemperie. Está hecha a base de un núcleo de yeso tratado con silicona resistente al agua y revestido en ambas caras con fibra de vidrio inorgánica con una superficie color dorado álcali resistente. Soporta todo tipo de condiciones climatológicas, esto siempre que a la lámina se le haya aplicado el mortero TecniWall.

Entre otras características importantes están:

- Resisten la formación de moho.
- Posee gran resistencia a golpes.
- Resistente al pandeo y rasgaduras.
- No tiende a desmoronarse.
- Tiene una destacada protección contra el fuego debido a que es un producto no inflamable.
- Es liviano y fácil de transportar.
- Fácil de cortar.
- Tiene un precio bajo comparado con los otros materiales y la calidad que ofrecen.

Aunque este tipo de láminas se colocan generalmente sobre estructura de aluminio como “stud”, “track” y “furring” no existe problema alguno que se coloque con estructura en un tubo de hierro.

Otra razón para la escogencia de estas láminas es que se fabrican en tamaños de 1,22x2,44m, dicha medida es fundamental para modular el diseño de toda la estructura de la bodega.

Pisos

Muchas veces el suelo del terreno donde se construye sirve como el piso para las bodegas provisionales, para este caso, se pretende realizar paneles con tubo industrial de 50x25x1,2mm con lámina de acero expandible tipo “Jordomex” para el tránsito de las personas.

La estructura consiste en tubos colocados a cada 61cm en ambas direcciones con el fin de evitar el hundimiento de la lámina.

Pintura

Para evitar corrosión en los elementos estructurales, todo elemento de acero deberá limpiarse para eliminar escoria de soldadura, aceites, grasas y general suciedad que se pueda presentar y posterior a eso pintarse con un anticorrosivo de buena calidad.

Presupuesto Bodega en Acero

ESTRUCTURA

MATERIALES			
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
TUBO 50X50X1,8mm	24	¢12.450	¢298.800
TUBO 50X25X1,58mm	6	¢9.200	¢55.200
ANGULAR 31X31X3,17mm	3	¢12.000	¢36.000
SOLDADURA 6013 1/8 (CAJA)	1	¢14.000	¢14.000
TORNILLO 1/2X5"	65	¢85	¢5.525
BISAGRAS	6	¢1.035	¢6.210
ANTICORROSIVO GALÓN	1	¢12.000	¢12.000
LLAVÍN	1	¢4.000	¢4.000
			¢431.735

BLOQUES DE CONCRETO Y ANCLAJES

MATERIALES			
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
CEMENTO (SACOS)	1	¢4.500	¢4.500
ARENA M3	0,25	¢10.500	¢2.625
VARILLA ROSCADA DE 3/8"	4	¢3.205	¢12.820
TUERCA CON ARANDELA	60	¢25	¢1.500
			¢21.445

PISO

MATERIALES			
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
TUBO INDUSTRIAL 1X2X1,20mm	12	¢7.512	¢90.144
LÁMINA JORDOMEX	6	¢15.425	¢92.550
SOLDADURA KG	2	¢5.600	¢11.200
ANTICORROSIVO 1/4 GALÓN	1	¢3.000	¢3.000
			¢196.894

FORRO

MATERIALES			
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
LÁMINA DENSGLASS	16	¢16.495	¢263.920
MORTERO TECNIWALL	5	¢2.795	¢13.975
TORNILLO PARA FORRO	400	¢4	¢1.600
			¢279.495

CUBIERTA

MATERIALES			
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	TOTAL
LÁMINA RECTANGULAR GALVANIZADA	5	¢11.000	¢55.000
TORNILLO PARA FIJAR A TUBO ESTRUCTURAL	100	¢50	¢5.000
			¢60.000

COSTO TOTAL DE BODEGA
¢989.569

VIDA ÚTIL: 10 AÑOS

Presupuesto de Bodega en Madera

MATERIALES	CANTIDAD	COSTO UNIT	TOTAL
ALFAJILLA 2x3x4 V	25	Ø4.000	Ø100.000
CADENA 3/8"	1	Ø2.000	Ø2.000
CANDADO 3"	1	Ø2.200	Ø2.200
CLAVOS	1	Ø10.000	Ø10.000
LAMINA ZINC LARGO #30	30	Ø10.125	Ø303.750
REGLA 1x3x4V	25	Ø2.000	Ø50.000
TABLA 1X12X4V	10	Ø5.026	Ø50.260

COSTO TOTAL DE BODEGA
Ø518.210

VIDA ÚTIL: 2 AÑOS

Comparación de bodegas

El presupuesto de ambas bodegas debe quedar más claro mostrándolo en una comparación, la cual se presenta a continuación:

Tipo de bodega	Costo	Vida útil
Acero	¢989.569	10 años
Madera	¢518.210	2 años

La vida útil de la bodega en acero viene dada por el material de forro, el cual va a estar más expuesto a la intemperie y según el fabricante le da diez años de vida útil, pues se sabe que el acero si no se corroe puede durar muchos años, sin embargo para garantizar la funcionalidad de la bodega se tomo ese valor de años como referencia mínima.

La vida útil de la bodega en madera de dos años viene dada porque el material para realizar estas instalaciones es madera que se utiliza para formaleas, generalmente laurel, la cual no recibe ningún tratamiento y conforme es afectada por el sol, agua, viento e insectos lo que hace que se deteriore y pierda sus propiedades estructurales.

Análisis de Resultados

Cabe destacar que el modelo de la bodega provisional se realizó mediante el programa computacional SAP2000, se tomaron en cuenta las cargas horizontales tanto de viento como de sismo y el peso propio de la estructura.

Para hacer más crítica la estructura se diseñó el modelo con paneles de 1,22x2,44m, a los cuales en el diseño realizado en SAP no se le tomo en cuenta el forro.

El diseño de los marcos de la estructura se analizó con un tubo estructural de 50x50x1,8mm, además internamente cada panel tendrá un tubo de 50x25x1,58 para colocar la lámina que servirá como forro. El marco se analizó tanto por momento flexionante, cortante, carga axial y deflexión, generando así que tanto vigas como columnas soportaran las cargas actuantes. Estas cargas actuantes vienen de una serie de combinaciones según lo estipula el código sísmico, en particular, para este caso se utilizó la combinación de carga que incluye la carga permanente y la carga por viento ($C_u = 1,05CP + CV$), esto porque el viento en la estructura influye más que el sismo debido al peso de la estructura.

Además de cada panel, también se revisó la estructura del techo, éste llevará clavadores a cada 61cm, y al igual que los paneles, se usará tubo estructural de 50x50x1,8mm.

Debido a que se requiere una estructura de buena calidad que tenga muchos usos, la cubierta del techo se decidió realizarla con lámina rectangular que fabrica Metalco debido a que su doble recubrimiento de zinc y esmalte aumentan la resistencia a la corrosión y su vida útil.

También se diseñaron las uniones que debía llevar cada tubo para conformar el panel, para lo cual se decidió soldar todo el contorno del tubo y tapar cada extremo con lámina de hierro para evitar que entre el agua y las piezas se

dañen por corrosión. Algo muy importante es que cada pieza de metal deberá llevar anticorrosivo y así aumentar la vida útil de cada panel. Para ello se utilizará soldadura 6013 en 3/32"

Aparte de la conexión mediante soldadura, se debe mantener la estructura firme, para lo cual se debió garantizar que la unión entre cada panel fuera la mejor, esto se realizó tomando en cuenta que la unión entre paneles se comporta como una columna de doble de tamaño y con el radio de giro de cada una y el radio de giro doble garantiza que los tornillos deben ir espaciados a cierta distancia, pues esta es una característica que describe la forma en la cual el área transversal o una distribución de masa se distribuye alrededor de su eje centroidal. Por eso, debido a que se requiere una estructura fácil de armar y desarmar, ese tipo de unión se diseñó mediante tornillos de 6,35mm de diámetro con un largo de 11,43cm, espaciados 61cm verticalmente. Además se van a utilizar tuercas con arandela plana para evitar el aplastamiento del acero al realizar la conexión.

Al igual que la unión entre panel y panel, la unión entre los paneles y clavadores se realizará con la conexión anteriormente mencionada, cada clavador lleva un angular en sus extremos para así poder atornillarlo en el panel.

Como la estructura tiene que ser estable, cada panel deberá llevar una base fabricada con lámina de hierro de 15x15cm, la cual deberá ir soldada y tendrá que fijarse a un bloque de concreto que posee anclajes de varilla roscada de 9,5mm de diámetro y así garantizar la estabilidad de la estructura.

Se debe garantizar que la estructura sea de buena calidad debido a que va a ser sometida a la intemperie y a golpes, por ello el forro de cada panel se hará con lámina densglass,

aplicándole mortero Tecni Wall para garantizar una vida útil de 10 años según el fabricante.

Se sabe que muchas de las bodegas provisionales no llevan estructura de piso, por lo que en este caso sí se tomó en cuenta y se realizaron paneles de 1,22x1,22m con lámina de jordomex que soportará el paso de personas y la colocación de herramientas y demás equipo de la construcción.

Al analizar detalladamente cada material que lleva la estructura, el costo de la bodega provisional es de aproximadamente \$989.569, teniendo presente que son materiales de muy buena calidad y dan una vida útil de 10 años. Sin embargo, si se compara la misma bodega pero en madera, se tiene que el costo es de \$518.210 y una vida útil de un año, debido que básicamente están formadas por madera de formaleta que debido a la exposición del sol, viento y agua pierden sus propiedades estructurales rápidamente y utilizan zinc, el cual se daña rápidamente.

La diferencia entre ambas es de \$471359, siendo más barata la de madera, sin embargo si se compara que en diez años de vida útil de la bodega en acero se fabrican cinco en madera, la estructura en acero saldría constando el precio anteriormente mencionado y la de madera de \$2.356.795, donde se observa que en diez años la bodega de acero es 42% más barata que la otra.

Finalmente, es necesario mencionar que todos los paneles son modulares, pues se ajustaron al tamaño de la lámina de forro y al jordomex que vienen con medidas de 1,22x2,44m, por lo tanto cada panel se realizó de esa dimensión, los paneles para puertas igual al panel básico, paneles para tapicheles de 0,305x1,22m, todo lo anterior para aprovechar al máximo los materiales y generar el mínimo de desperdicio.

Conclusiones

- La bodega se diseñó con paneles modulares de acero de 1,22x2,44m y 0,305x1,22m.
- Cabe destacar que cada panel pesa aproximadamente 52Kg, los cuales pueden ser fácilmente manipulados por dos obreros.
- Cada bloque de concreto pesa 21kg, el cual es sencillamente levantado por un obrero de la construcción.
- El anclaje que lleva cada bloque de concreto deberá tener una profundidad de 5cm debido a posibles cargas de extracción que se puedan generar en la estructura.
- La carga por viento es más crítica que la carga por sismo, debido a que al ser una estructura liviana el peso de la misma es poco considerable para la carga sísmica.
- El costo de la bodega en acero es de \$989.569 y una de la misma dimensión fabricada en madera con láminas de zinc cuesta \$518.212.
- La vida útil mínima de la bodega en acero basada en el forro que lleva de lámina de gypsum "Densglass" es de 10 años y una en madera para formateo y que no es tratada ni curada es de aproximadamente 2 años.
- Comparando ambas bodegas se puede decir que en 10 años se construyen 5 bodegas en madera lo que representa un costo de \$2.591.060 mientras que en la misma cantidad de años solo se construye una en acero con el costo antes mencionado.
- Se puede concluir que a largo plazo es mejor construir bodegas en acero que sean fáciles y rápidas de armar y desarmar, las cuales van a tener un bajo costo y evitan el tener que estar desechando materiales.
- Las bodegas construidas actualmente son de baja calidad debido a que son fabricadas en madera y no se les da ningún tipo de tratamiento para alargar su duración.
- Los materiales comúnmente usados para la fabricación de bodegas en madera son: alfajilla de 2x3", regla de 1x3" y lámina de zinc calibre 30, lo que las hace de una calidad más baja.
- La construcción de las instalaciones provisionales generalmente es basada en la experiencia y no bajo un diseño estructural fundamentado.
- La bodega tiene un ancho máximo de 3,66m, debido a que colocar clavadores de mayor longitud hace que se produzca pandeo en dichos elementos, sin embargo el largo puede ser variable.
- La modulación se realizó en base a los materiales de forro, para aprovechar al máximo el material y generar mínimo de desperdicio.
- Existen muchos tipos de forro que se pueden aplicar a cada panel, sin embargo se utilizó "densglass" debido a su facilidad constructiva, resistencia a la exposición a la intemperie y vida útil.
- La puerta se realizó del mismo ancho que un panel, de 1,22m, con el fin de poder ingresar herramientas y materiales con mayor facilidad.
- Solicitar información sobre condiciones climatológicas del lugar de construcción, para recolectar aguas de lluvia y evitar que afecten las instalaciones provisionales.
- Tener bodegas dedicadas exclusivamente para primeros auxilios, pues es común que algún trabajador sufra un golpe leve o pueda estar enfermo.
- Debido a la poca disponibilidad de los empleados en la construcción no fue posible realizar encuestas para conocer detalles sobre las instalaciones provisionales desde su punto de vista.

Recomendaciones

- Todo tubo estructural deberá cerrarse y soldarse en sus extremos con una lámina de hierro negro para evitar que el ingreso de agua corroa al acero.
- No deberá realizarse ningún trabajo de soldadura cuando las superficies estén mojadas o expuestas a la lluvia o al viento fuerte.
- Las superficies y bordes que se soldarán deben ser suaves y uniformes, y deben estar libres de defectos y discontinuidades que podrían afectar la calidad y la resistencia de la soldadura.
- Inspeccionar las conexiones atornilladas y el tubo estructural para garantizar que estén lo suficientemente libres de hendiduras, salientes o marcas en la superficie de la junta entre la conexión y la tubería. La tubería debe tener un corte recto. Se debe remover toda clase de residuos, pintura y/o suciedad de la superficie de la ranura y del sellado.
- Utilizar siempre tuercas con arandela incorporada para evitar el olvido de esta a la instalación y produzca aplastamiento al tubo estructural.
- Las superficies de metal en hierro negro, deberán limpiarse completamente, eliminando el moho, escoria de soldadura, suciedad, aceite, grasa y otras sustancias perjudiciales.
- La primera capa de pintura se deberá aplicar el mismo día en que se ha limpiado la superficie y antes de que se produzca en ella algún deterioro. En caso de que se produjera oxidación después de terminada la preparación de la superficie, deberá limpiarse nuevamente.
- Todos los elementos de acero, deben ser pintados con dos capas de pintura anticorrosiva.
- Manipular con cuidado cada panel para evitar que las puntas de las placas soldadas en su base se vayan a doblar.
- A la hora de trasladar los bloques de concreto, no sujetarlos por sus anclajes, para evitar que el peso del mismo afloje dicho anclaje.
- Los bloques de concreto deberán sentarse dentro de una zanja de 35x20cm a una profundidad de 30cm.
- En caso de poseer suelo de mala calidad y baja capacidad de soporte, es recomendable hacer una zanja de 40cm de profundidad, donde 5cm se compacten manualmente con lastre y otros 5cm se rellenen con concreto pobre para sello.
- Realizar un modelo de prueba de bodega para garantizar la propuesta y funcionalidad, debido a que hasta la fecha no se ha construido ningún tipo de bodega mediante el diseño realizado.

Apéndices

A continuación se presenta memoria de cálculo o otras tablas que llevaron a la realización del proyecto.

Anexos

A continuación se presentan las tablas utilizadas para el diseño de la bodega provisional.

Referencias

American Institute of Steel Construction (AISC). 1994. **MANUAL OF STEEL CONSTRUCTION**. 2da. Ed.

Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos. 2003. **CÓDIGO SÍSMICO DE COSTA RICA**. 1era Ed. Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica.

McCormac, J. 1996. **DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO**. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V.

Rojas Moya, G. 2004. **DISEÑO DE SOLDADURAS**. 1era Ed. Cartago: Editorial Tecnológica

Rojas Moya, G. 2004. **UNIONES CON TORNILLOS**. 1era Ed. Cartago: Editorial Tecnológica

ACI 318S-05. **"REQUISITOS DE REGLAMENTO PARA CONCRETO ESTRUCTURAL Y COMENTARIO"**. Versión en español y en sistema métrico. Primera impresión. Diciembre del 2005.

Rodríguez Herrera, Marco. **"LA COORDINACIÓN MODULAR APLICADA A LA MAMPOSTERÍA INTEGRAL"**. Junio 1992. CIVCO.

Rodríguez Herrera, Marco. **"BLOQUES MODULARES INTERCAMBIABLES PARA LA MAMPOSTERÍA REFORZADA"**. 1994. CIVCO.

Boletín técnico de Torneca (2008, Mayo). Disponible en: <http://www.torneca.com/>

Oficinas Bodegas Provisionales (2008, Abril) Disponible en: <http://www.mitecnologico.com/Main/OficinasBodegasProvisionales>

Instalaciones Provisionales (2008, Marzo) Disponible en: www.ibermutuamur.es/Instalaciones-provisionales.html

Detalles Técnicos Lámina Densglass (2008, Mayo) Disponible en: http://www.tecnigypsum.com/Productos_Lam_Detalle.php?VID=5

Detalles Técnicos Lámina Plystone de Plycem (2008, Mayo) http://www.plycem.com/esp/intro_plystone.shtml

Detalles Técnicos de Tubo Estructural de Tubotico (2008, Abril) <http://www.abonosagro.com/default.asp?nombre=tubotico&ver=datostecnicos>